FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

Contributo para o Estudo da Fenomenologia da Redução do Crómio (VI) pelo Ferro Elementar

Elsa Margarida dos Santos Branco Guedes

(Licenciada em Ciências de Engenharia – Engenharia de Minas e Geo-Ambiente)

Dissertação realizada sob a supervisão científica do Professor Doutor António Manuel Antunes Fiúza, do Departamento de Engenharia de Minas da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Minas e Geo-Ambiente

Porto, Julho de 2009

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

Contributo para o Estudo da Fenomenologia da Redução do Crómio (VI) pelo Ferro Elementar

Dissertação realizada sob a supervisão científica do Professor Doutor António Manuel Antunes Fiúza, do Departamento de Engenharia de Minas da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Minas e Geo-Ambiente

Elsa Margarida dos Santos Branco Guedes

(Licenciada em Ciências de Engenharia – Engenharia de Minas e Geo-Ambiente)

Orientador: António Manuel Antunes Fiúza

Co-Orientador: António Vega de la Fuente

Aos meus queridos filhos: Rita e André

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Professor Doutor António Manuel Antunes Fiúza pela importante orientação no desenvolvimento deste trabalho. Agradeço-lhe também o tempo, atenção e disponibilidade que me dispensou e o apoio e incentivo que me deu durante o período em que os bons resultados dos ensaios ainda não tinham sido alcançados.

Agradeço ao meu co-orientador Engenheiro António Vega de la Fuente o tempo que me dispensou a ensinar o funcionamento dos softwares de captação e tratamento das imagens. Agradeço-lhe também o apoio e sugestões que me deu para a realização deste trabalho.

Agradeço aos meus pais e irmãos o apoio incondicional, o incentivo e a confiança que sempre depositaram em mim.

Agradeço ao meu marido Ivo a elaboração dos esquemas dos perfis das concentrações, formatação do trabalho e a paciência que teve comigo durante o tempo de realização deste trabalho.

Um agradecimento especial aos meus filhos André e Rita pelo amor e carinho que representam para mim.

Agradeço aos meus amigos Ana, Florbela, Leonor, Carla, Sónia, Cláudia, e Ziza entre outros pelo apoio e amizade que manifestaram para comigo durante a realização deste trabalho.

Agradeço à Engenheira Fernanda Guimarães pelo importante contributo das imagens obtidas por microscopia e mapeamanto por fluorescência de Raios X.

Agradeço a todos aqueles que de alguma forma me ajudaram na elaboração deste trabalho.

Por último e não menos importante, agradeço à Professora Graça Ramos a ajuda que me fez decidir mudar o rumo da minha vida.

Contributo para o Estudo da Fenomenologia da Redução do Cr(VI) pelo Ferro Elementar

RESUMO

No presente trabalho é feito um estudo sobre os mecanismos da redução do Cr(VI) pelo ferro elementar. Este elemento pode aparecer em águas subterrâneas contaminadas. Devido à sua elevada solubilidade na água e fraca adsorção em superfícies minerais das formações geológicas por onde circula, tem uma elevada mobilidade e persistência ambiental. O ferro é utilizado como reagente em Barreiras Reactivas Permeáveis, travando o seu percurso através de reacções que estabelece com o Cr (VI) obrigando-o a precipitar.

No estudo utilizaram-se esferas de ferro de gamas granulométricas apertadas que foram mergulhas em soluções de Cr (VI). As esferas foram fotografadas antes e durante a reacção. O tratamento das fotografias, por software especializado, permitiu analisar o calibre das esferas. As imagens das esferas após contacto prolongado com soluções de Cr(VI) obtidas por microscopia electrónica, facultaram a visualização da sua superfície com grande ampliação elucidando sobre os mecanismos da reacção. A concentração em Cr (VI) das soluções foi periodicamente amostrada e analisada. O Cr (VI) foi total ou parcialmente removido da solução. As eficiências mais elevadas foram obtidas quando a superfície dos grânulos de ferro foi periodicamente lavada com soluções ácidas de forma a remover a camada externa de produtos da reacção. Concluiu-se que, em grande parte das situações, há uma deposição de produtos da reacção na superfície externa das esferas de ferro, continuando o núcleo de ferro a encolher à medida que a reacção prossegue. O controlo cinético passa a ser feito pela difusão de Cr (VI) através da camada de produtos da reacção até atingir a superfície não oxidada de ferro elementar. Para as esferas nesta situação o modelo cinético aplicável é do tipo “Shrinking Core Model”.

Para as esferas periodicamente lavadas, e para uma componente menor das esferas na situação de não-lavagem, verifica-se uma diminuição temporal do calibre das esferas pelo que se lhes aplica um modelo conceptual de cinética heterogénea do tipo “Shrinking Particle Model”.

Contribution to the study of the Phenomenology of Chromium (VI) reduction by Zero Valent Iron

ABSTRACT

This research focus on the mechanisms of the reduction of Cr (VI) by zero valent iron. Chromium is a vulgar contaminant in contaminated groundwater. Due to its high solubility in water and low adsorption in mineral surfaces, presents a high environmental mobility and persistence. Zero valent iron is used as reactant in Reactive Permeable Barriers, where the Cr (VI) is reduced to Cr (III) and precipitates.

In our research we used iron spheres, within a narrow grain size distribution, that where sunk in Cr (VI) solutions. The particles where photographed before and during the reaction. The analysis of the pictures, by special software, allowed establishing the time evolution of the grain size of the particles. When the reaction was considered as finished, a sample of the iron particles was prepared for analyzing using electronic microscope scanning allowing for the determination of the reaction mechanisms. Concentration in Cr (VI) was periodically assessed by sampling and analysis. Cr (VI) was totally or partially removed from the solutions. The highest efficiencies were reached when the iron particles were submitted to periodical washing, with slightly acidic solutions, removing the external layer of reaction products. It was concluded that in the great majority of situations there is a deposition of reaction products in the external surface of the iron particles, although the inner core of the iron particles still shrinks in time as the reaction remains. The kinetic control step is then the diffusion of chromium through the layer of reaction products until the non oxidized surface of iron is reached and the redox reaction occurs. For the particles in this situation the applicable kinetic model is of the type “Shrinking Core Model”.

For the iron particles that were periodically washed, and for a minor component of the particles that were not washed, a continuous decrease in the grain size of the particles is noticeable and a conceptual model of heterogeneous kinetics of the type “Shrinking Particle Model” is the most appropriate.

ÍNDICE

Índice i

Índice de Figuras v

Índice de Tabelas xi

Glossário xiii

Capítulo 1 – Introdução 1

1.1 Enquadramento do Trabalho 1

1.2 Objectivos 3

1.3 Modelos compreensivos actuais da fenomenologia das reacções sólido-líquido 4

1.3.1 Shrinking Particle Model, SPM 4

1.3.2 Shrinking Core models, SCM 6

1.4 Propriedades Físico-Químicas do Crómio 9

1.5 Propriedades Físico-Químicas do Ferro elementar 10

1.6 Reacções entre Crómio (VI) e Ferro elementar 10

1.6.1 Cinética da Reacção 10

1.6.2 Reacções de Oxidação-Redução 12

1.6.3 Reacções de Precipitação 13

1.7 Organização da Tese 14

Capítulo 2 - Estado da Arte 15

2.1 Introdução 15

2.2 Estudos Preliminares 16

2.3 Estudos do mecanismo da reacção 18

2.4 Estudo do Modelo de Cinéticas Heterogéneas Aplicável 19

Capítulo 3 - Metodologias 23

3.1 Plano experimental 24

3.1.1 Solução de Crómio (VI) 25

3.1.2 Esferas e partículas de Ferro elementar 26

3.2 Análise da concentração da solução de Crómio (VI) 28

3.2.1 Construção da recta de calibração 29

3.2.2 Recolha e preparação da amostra da solução de Crómio (VI) 31

3.2.3 Análise da amostra da solução de Crómio (VI) 33

3.3 Captação de imagens das esferas de Ferro 34

3.4 Reacção entre o Crómio (VI) e o Ferro Elementar 36

3.4.1 Formação de Precipitados 36

3.5 Microscopia e Análise por Fluorescência de Raios X 38

Capítulo 4 – Tratamento, Análise e Interpretação dos Resultados 41

4.1 Concentração de Crómio (VI) 41

4.2 Diâmetros das Esferas de Ferro elementar 48

4.2.1 Copo 1 – Esferas de Ferro de Granolumetria 0,30 - 0,60mm 49

4.2.2 Copo 2 – Esferas de Ferro de Granolumetria 0,80 – 1,20mm sem tratamento intermédio 58

4.2.3 Copo 3 – Esferas de Ferro de Granolumetria 0,80 – 1,20mm com tratamento intermédio 69

4.3 Análise por Microscopia 85

4.3.1 Copo 1 – Esferas de Ferro de Granolumetria 0,30 - 0,60mm 85

Capítulo 5 – Conclusões 97

Capítulo 6 – Avaliação do Trabalho Realizado 103

6.1 Objectivos Realizados 103

6.2 Outros Trabalhos Realizados 103

6.3 Apreciação final 104

Bibliografia 105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Esquemas de **B**arreiras Reactivas Permeáveis 2

Figura 2 – Evolução do raio da esfera adaptado ao Shrinking Particle Model..... 5

Figura 3 – Perfil das concentrações da solução na vizinhança da esfera, SPM – difusão através da camada limite 5

Figura 4 - Evolução do raio da esfera adaptado ao Shrinking Core Model..... 6

Figura 5 - Perfil das concentrações da solução na vizinhança da esfera, SCM – difusão através da camada limite 7

Figura 6 - Perfil das concentrações da solução na vizinhança da esfera, SCM – difusão através da camada de produtos..... 7

Figura 7 - Perfil das concentrações da solução na vizinhança da esfera, SCM – controlo da reacção química..... 8

Figura 8 - Perfil das concentrações da solução na vizinhança da esfera, SCM – controlo misto..... 9

Figura 9 – Imagens de electrões secundários de uma partícula de ferro metálico de elevada pureza após contacto prolongado com uma solução de dicromato de potássio 18

Figura 10 – Mapas de Raios X - distribuições do Crómio e do Ferro..... 19

Figura 11 – Diagrama Eh-pH que delimita campos de estabilidade para os compostos de Crómio..... 21

Figura 12 – Pormenor do catálogo do fabricante das esferas de Ferro..... 26

Figura 13 – Composição química das esferas, além do Ferro..... 26

Figura 14 – Lavagem, filtração e secagem do ferro 28

Figura 15 – Copos contendo a solução de Crómio (VI) e o Ferro..... 28

Figura 16 - Diagrama da absorção de um feixe de luz atravessando uma cuvete 29

Figura 17 – Padrões utilizados na construção da recta de calibração 30

Figura 18 - Recta de calibração e respectica equação (conc em (mg/L)) 31

Figura 19 – Amostras preparadas para análise 31

Figura 20– Colocação da couvette 33

Figura 21 – Espectofotómetro e computador 34

Figura 22 – Sistema de captação de imagem (câmara e computador) 34

Figura 23 – Captação de imagens 35

Figura 24 - Precipitados sedimentados na periferia das esferas 36

Figura 25 – Sistema de filtração- bomba de vácuo e filtro de membrana 36

Figura 26 – Precipitados retirados dos ensaios 37

Figura 27 – Precipitados retirados da solução 3 37

Figura 28 – Perda de cor da solução 3 38

Figura 29 – Suporte em resina das esferas, partículas e precipitado de Ferro 39

Figura 30- Sistema de análise de Microscopia e Fluorescência de Raios X (LNEG) 39

Figura 31 – Influência da superfície específica na concentração de Cr (VI) em solução 45

Figura 32 – Influência do tratamento intermédio das esferas na concentração de Cr (VI) em solução 46

Figura 33 – Influência da pureza do ferro na concentração de Cr (VI) em solução 46

Figura 34 – Comparação dos cinco ensaios – evolução da concentração de Cr (VI) em solução 47

Figura 35- Funções de repartição da lei log-normal ajustada e dos valores medidos 48

Figura 36 – Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,30 – 0,60mm do Copo 1 antes de contactarem com a solução de Cr (VI) 50

Figura 37 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,30 – 0,60mm do Copo 1 após 3 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 51

Figura 38 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,30 – 0,60mm do Copo 1 após 6 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 52

Figura 39 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,30 – 0,60mm do Copo 1 após 8 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 53

Figura 40 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,30 – 0,60mm do Copo 1 após 20 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 54

Figura 41 – Evolução temporal da granulometria das esferas de Ferro de calibre 0,30 – 0,60mm no Copo 1 (curvas de distribuição e repartição)..... 56

Figura 42 – Evolução do diâmetro das esferas de Ferro de calibre 0,30 – 0,60mm no Copo 1 (histogramas)..... 57

Figura 43 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm do Copo 2 antes de contactarem com a solução de Cr (VI)..... 58

Figura 44 – Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm do Copo 2 após 3 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 59

Figura 45 – Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm do Copo 2 após 6 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 60

Figura 46 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm do Copo 2 após 8 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 61

Figura 47 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm do Copo 2 após 14 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 62

Figura 48 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm do Copo 2 após 17 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 63

Figura 49 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm do Copo 2 após 24 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 64

Figura 50 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm do Copo 2 após 27 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 65

Figura 51 - Evolução temporal da granulometria das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm no Copo 2 (curvas de distribuição e repartição)..... 67

Figura 52 - Evolução do diâmetro das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm no Copo 2 (histogramas)..... 68

Figura 53 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 antes de contactarem com a solução de Cr (VI)..... 69

Figura 54 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 3 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 70

Figura 55 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 6 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 71

Figura 56 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 8 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 72

Figura 57 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 14 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 73

Figura 58 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 17 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 74

Figura 59 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 24 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 75

Figura 60 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 27 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 76

Figura 61 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 30 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 77

Figura 62 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 31 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 78

Figura 63 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 36 dias de contacto com a solução de Cr (VI) 79

Figura 64 - Evolução temporal da granulometria das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm no Copo 3 (curvas de distribuição e repartição)..... 84

Figura 65 - Evolução do diâmetro das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm no Copo 3 (histogramas) 85

Figura 66 – Fotografia ampliada (160x) de esfera de Ferro com camada de oxidação rodeada por outras esferas não oxidadas 86

Figura 67 – Fotografia ampliada (350x) de esfera de Ferro sem camada exterior de oxidação 87

Figura 68 – mapeamento das concentrações em Crómio, Oxigénio e Ferro na esfera de Ferro sem camada de oxidação 87

Figura 69 – Fotografia ampliada (160x) de esfera de Ferro com camada de oxidação 88

Figura 70 – Mapeamento das concentrações em Crómio, Oxigénio e Ferro na esfera de Ferro com camada de oxidação 89

Figura 71 – Fotografia ampliada (300x) de esfera de Ferro com camada de oxidação de espessura variável 90

Figura 72 – Mapeamento das concentrações em Crómio, Oxigénio e Ferro na esfera com camada de oxidação de espessura variável 91

Figura 73 – Pormenor do precipitado sólido (hidróxido Cr-Fe) formado na superfície da esfera de Ferro 92

Figura 74 – Pormenor do precipitado sólido em relevo 92

Figura 75 – Filtro de membrana contendo o bolo de filtração 93

Figura 76 – Fotografia ampliada (40x) do precipitado 94

Figura 77 - Mapeamento das concentrações em Crómio, Oxigénio e Ferro no precipitado 95

Figura 78 – Fotografia ampliada (1100x) de partícula de precipitado misto de hidróxidos de Fe-Cr 96

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Tipo e Calibre das esferas de Ferro utilizadas na experiência 24

Tabela 2 – Tipos de ferro utilizados nos ensaios 27

Tabela 3 – Preparação dos Padrões para construção da Recta de Calibração 30

Tabela 4 - Absorvância determinada pelo Espectofotómetro para cada um dos padrões em (mg/L) 30

Tabela 5 – Valores do pH antes e após adição de ácido 32

Tabela 6 – Data e número de imagens captadas por copo 35

Tabela 7 – Data das filtrações efectuadas 37

Tabela 8 – Resultados das Concentrações de Cr (VI) nos diferentes ensaios 44

Tabela 9 – Resultados Estatísticos dos calibres medidos no decurso da reacção para o Copo 1 – esferas de ferro calibre 0,30 – 0,60 mm 55

Tabela 10 – Resultados Estatísticos dos calibres medidos no decurso da reacção para o Copo 2 – esferas de ferro calibre 0,80 – 1,20 mm 66

Tabela 11 – Resultados Estatísticos dos calibres medidos no decurso da reacção para o Copo3 – esferas de ferro calibre 1,50 – 2,20 mm 81

GLOSSÁRIO

Adsorção – fixação de compostos orgânicos ou inorgânicos às partículas de um solo por diferença de carga;

Camada Limite de Nernst – camada viscosa existente na fronteira entre duas fases;

Cementação – precipitação de um metal a partir de uma solução aquosa de um seu sal por um outro metal;

Cinética da reacção – variação temporal da concentração de um reagente ou de um produto;

Descromitização – remoção do Crómio (VI) de uma solução que contém este elemento;

Dessorção – desligamento de impurezas de superfícies minerais;

Espectofotómetro – instrumento que permite comparar a radiação absorvida ou transmitida por uma solução que contém uma quantidade desconhecida de soluto com uma quantidade conhecida da mesma substância;

Lixiviação – extracção, se possível selectiva, de um constituinte solúvel a partir de uma massa sólida utilizando um solvente;

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Desde o início da sua existência que o Homem produz resíduos e aprende a tratá-los. Esse tratamento visa o modo de os eliminar ou impedir que a sua acumulação no meio seja prejudicial à sua saúde e bem-estar.

Contudo, com a industrialização, a produção de resíduos aumentou exponencialmente. Esses resíduos são lançados na atmosfera, solos, águas superficiais e subterrâneas. A sua acumulação provoca um desequilíbrio no meio ambiente e surgem problemas que ameaçam a saúde humana.

Têm sido desenvolvidas medidas de forma a minimizar o impacte desses poluentes, através do estudo e implementação de técnicas de tratamento e regeneração do meio afectado.

A problemática da descontaminação de solos tem vindo a assumir uma importância crescente, sendo um factor essencial para a sustentabilidade dos recursos naturais e da vida no nosso planeta (Castelo-Grande, T.; s.d.).

1.1 ENQUADRAMENTO DO TRABALHO

Os solos e águas subterrâneas afectados por descargas de produtos contaminantes são alvo de preocupação. Grande parte da água utilizada para consumo humano tem origem subterrânea e a maioria dos vegetais que consumimos diariamente são cultivados na terra.

Os contaminantes podem ser compostos orgânicos e inorgânicos; esta última classe pode ser subdividida em metais pesados e isótopos radioactivos.

Metais e metalóides, tais como o arsénio, o selénio, o crómio, o tecnénio e o antimónio aparecem na água subterrânea na forma de complexos aniónicos, contrariamente a quase todos os outros metais que aparecem nas soluções aquosas na forma de catiões ou de complexos catiónicos. Também outros contaminantes inorgânicos como os nitratos, os fosfatos e os sulfatos aparecem sob a forma aniónica (Fiúza, 2004).

Os compostos aniónicos possuem carga negativa, pelo que nas condições predominantes dos aquíferos, com pH vizinho da neutralidade, não são adsorvidos pela superfície dos grãos minerais, que possuem preferencialmente carga de superfície negativa. A alta solubilidade, e baixa atracção pelas superfícies minerais, ditam a sua mobilidade e permanência no ambiente.

Estes compostos podem ser removidos através de Barreiras Reactivas Permeáveis (BRP). Esta tecnologia consiste em colocar um reagente no subsolo, no interior de uma barreira permeável constituída essencialmente por um material inerte, normalmente areia siliciosa, através da qual transita a água subterrânea. Não constitui uma barreira à passagem da água, tendo uma condutividade hidráulica superior à do aquífero, mas sim à propagação do contaminante.

São construídas essencialmente em duas versões básicas: o sistema funil/comporta e as BRP contínuas. As duas configurações exigem escavações, pelo que a sua aplicação é limitada a contaminações em aquíferos superficiais até uma profundidade máxima de 30 m. O sistema de funil e comporta que integra barreiras impermeáveis obriga a que a água contaminada seja conduzida para o reagente que vai converter o contaminante numa substância sólida e inócua. No caso da barreira contínua o reagente é colocado no percurso da água para que o processo de descontaminação seja permanente.

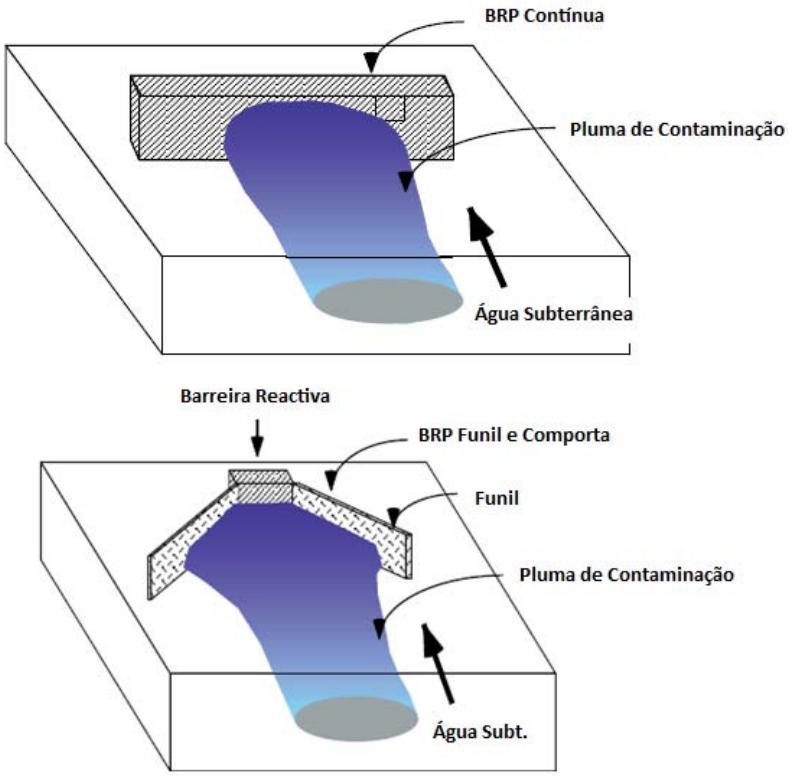


Figura 1 – Esquemas de **B**arreiras Reactivas Permeáveis

O material reactivo utilizado é, muitas vezes, Ferro elementar. Este tem a capacidade de reduzir os contaminantes ou fazendo-os precipitar, ou transformando-os numa forma mais inócua. Os precipitados que se formam ficam pouco móveis na água. O ferro metálico tem competências para precipitar aniões e oxianiões, de que é exemplo a conversão dos óxidos de Crómio (VI) solúvel em hidróxidos de Crómio (III) insolúvel.

O Crómio pode ocorrer na natureza com os estados de oxidação +6 e +3. O Cr (III) é pouco tóxico e não cancerígeno, constituindo em pequenas quantidades um micro-nutriente. Nas condições naturais dos aquíferos, forma precipitados de hidróxidos pouco solúveis que precipitam nos poros da matriz do solo. O Cr (VI) é cancerígeno e possui uma elevada solubilidade na água (máximo de 1620 g/L a 20 °C), sendo portanto, um elemento bastante móvel e que pode acumular-se em concentrações elevadas na fase líquida. Encontra-se, preferencialmente, nas condições de Eh pH mais habituais da água subterrânea sob a forma de ião cromato (CrO_4^{2-}).

O tratamento de remoção do Cr (VI) compreende a sua redução a Cr (III) e a precipitação na forma de hidróxido. O agente redutor a utilizar na sua degradação é o Ferro elementar. A formação de precipitados pode obstruir a superfície do ferro e afectar as propriedades óxido-redutoras do sistema (Fiúza, 2004).

1.2 OBJECTIVOS

Este trabalho tem por finalidade o estudo dos mecanismos da reacção simultânea de redução do Cr (VI) e oxidação do Ferro elementar.

Nos trabalhos laboratoriais realizados propôs-se a eliminação de Crómio (VI), existente numa solução de dicromato de potássio, pela reacção com esferas de Ferro elementar através da reacção de oxidação redução que se dá entre os dois elementos.

O estudo da corrosão do Ferro através da variação do calibre de esferas deste elemento e de imagens obtidas por microscopia electrónica dos produtos da reacção que se formam na sua superfície permitem seleccionar um modelo fenomenológico típico das reacções sólido-liquido e ajustá-lo aos resultados obtidos. O objectivo principal é interpretar a fenomenologia das reacções envolvidas.

1.3 MODELOS COMPREENSIVOS ACTUAIS DA FENOMENOLOGIA DAS REACÇÕES SÓLIDO-LÍQUIDO

As reacções heterogéneas sólido-líquido, com dissolução do sólido, podem ser interpretadas utilizando modelos conceptuais, que poderão ser matematizados. Vamos analisar alguns desses modelos sem no entanto se desenvolver nesta tese uma abordagem matemática dos mesmos.

Existem dois modelos conceptuais básicos: um em que se admite um decréscimo progressivo do raio das partículas do reagente sólido sem deposição na sua superfície de produtos da reacção – Shrinking Particle Model (Modelo de partícula Encolhedora), e outro que considera a formação de produtos da reacção na superfície das partículas sólidas, existindo um núcleo de reagente sólido que encolhe com o tempo e uma camada externa de produtos da reacção cuja espessura aumenta temporalmente, mantendo o conjunto o mesmo calibre que as partículas sólidas reactivas iniciais. Este segundo modelo é designado por Shrinking Core Model (modelo de núcleo encolhedor). Estes modelos são ideais e admitem que a lixiviação é isotrópica, pelo que a forma esférica é mantida ao longo da reacção. Vamos descrever as variantes possíveis destes modelos básicos.

1.3.1 SHRINKING PARTICLE MODEL, SPM

O Shrinking Particle Model considera que partículas sólidas esféricas diminuem de tamanho ao reagir com um solvente. Formam-se produtos da reacção que são transportados para o seio da solução.

Considerando R o raio inicial e r o raio em qualquer instante após início da reacção, verifica-se um decréscimo progressivo no raio das esferas.

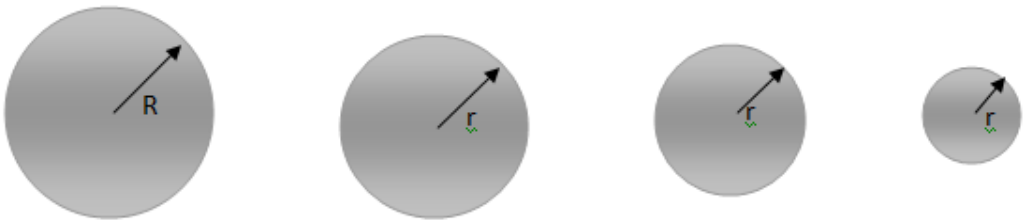


Figura 2 – Evolução do raio da esfera adaptado ao Shrinking Particle Model

Sendo dado adquirido que a camada de produtos da reacção é conduzida para o exterior da camada limite de Nernst, o estágio limitador da reacção pode ser ou a difusão da solução através desta camada até contactar com a superfície da esfera, onde ocorre a reacção, ou a cinética da própria reacção química. A primeira situação, a mais vulgar, está simbolicamente representada na Figura 3. O raio inicial da partícula era R e, em qualquer instante posterior t, a partícula diminui de calibre até o raio r. Admitindo um controlo difusional, a cinética da reacção química é muito mais rápida do que a difusão, pelo que a concentração do reagente líquido na superfície é nula. No exterior à camada limite de raio r+δ a concentração da solução no reagente líquido mantém-se uniforme, diminuindo linearmente a partir de r+δ até r onde é praticamente é nula.

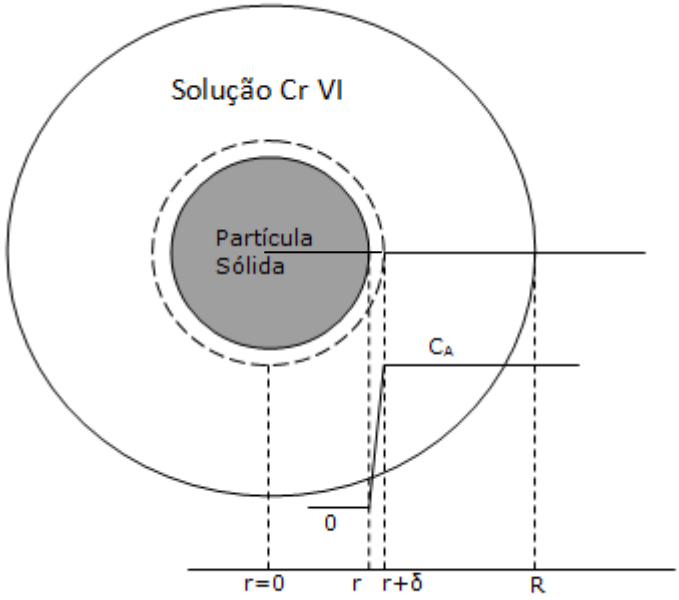


Figura 3 – Perfil das concentrações da solução na vizinhança da esfera, SPM – difusão através da camada limite

1.3.2 SHRINKING CORE MODELS, SCM

O Shrinking Core Model admite que as partículas sólidas esféricas que reagem com a solução em que estão imersas diminuem o raio do núcleo central à medida que a reacção sucede, ficando circundado por uma zona envolvente constituída pelos produtos da reacção. Com o avanço temporal da reacção, o núcleo central diminui o seu raio e simultaneamente aumenta a espessura da camada dos produtos da reacção.

Considerando R o raio inicial da esfera e r o raio do núcleo por reagir, verifica-se que a partícula mantém, aproximadamente a sua forma e dimensão inicial.

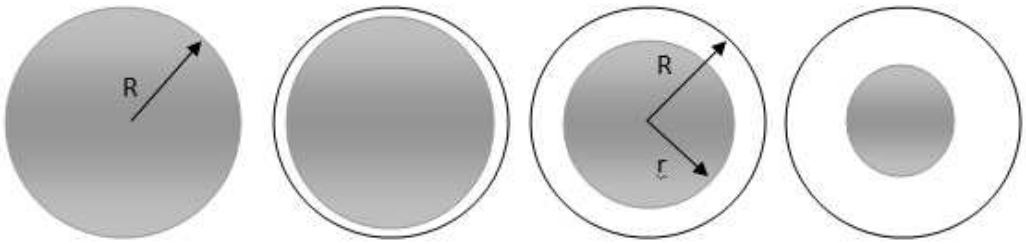


Figura 4 - Evolução do raio da esfera adaptado ao Shrinking Core Model

Podem distinguir-se 3 situações diferentes no mecanismo que controla a cinética da reacção (controlo difusional através da camada limite e da camada de produtos e controlo químico) e uma outra que engloba os mecanismos que ocorrem nestas:

1. Difusão através da Camada Limite

   Quando a difusão da solução através da camada limite de Nernst é o passo mais lento, verifica-se que a concentração da solução é uniforme até R+δ e praticamente nula em R. A figura seguinte descreve o perfil das concentrações da solução.

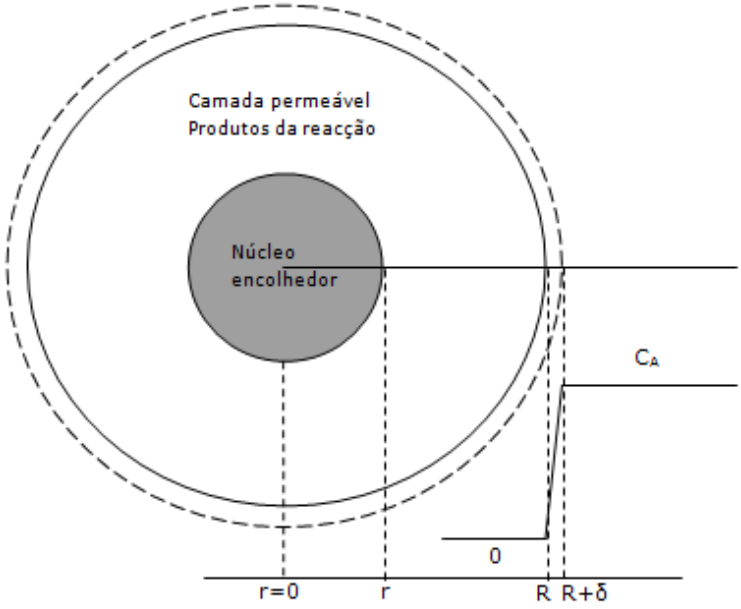


Figura 5 - Perfil das concentrações da solução na vizinhança da esfera, SCM – difusão através da camada limite

2. Difusão através da Camada de produtos

   Se a difusão através da camada dos produtos da reacção é o estágio limitador, verifica-se que, a concentração da solução é uniforme desde o seio da solução até R e aproxima-se de zero na superfície do núcleo de raio r

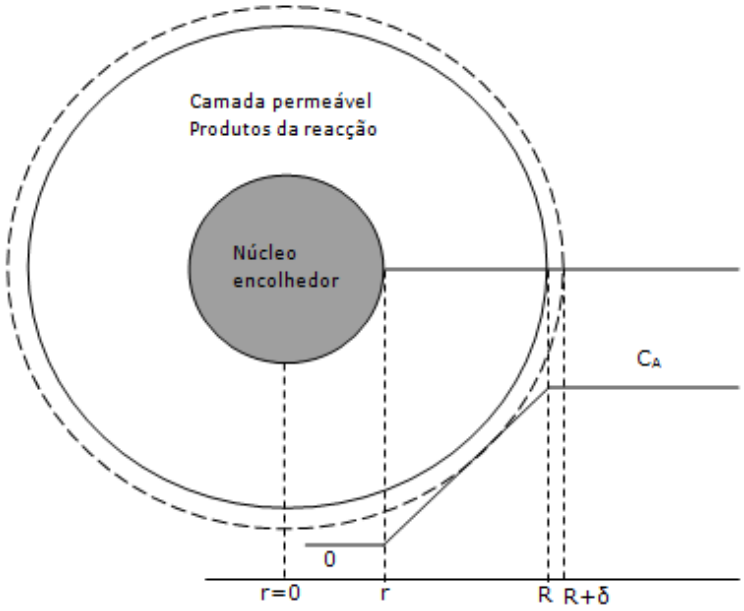


Figura 6 - Perfil das concentrações da solução na vizinhança da esfera, SCM – difusão através da camada de produtos

3. Reacção Química como estágio mais lento

   No caso da reacção química ser o passo mais lento, observa-se que a concentração da solução permanece constante até à superfície do núcleo de raio r.

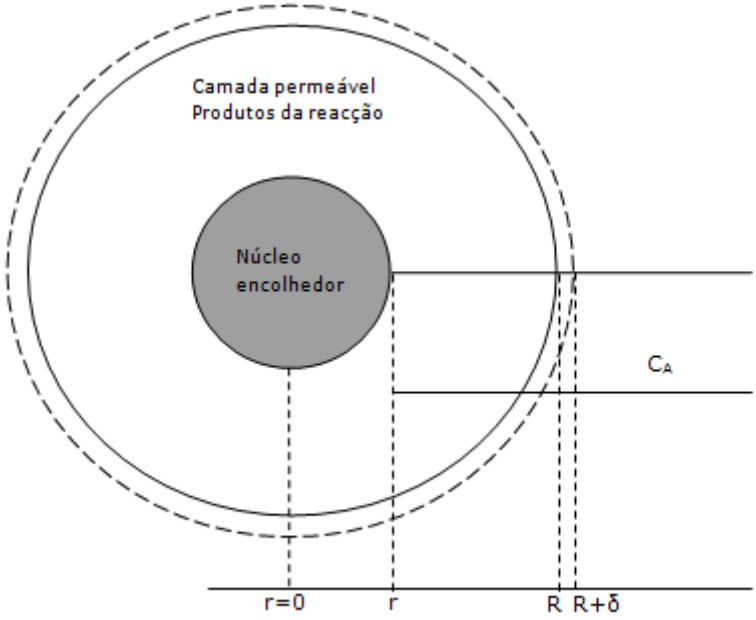


Figura 7 - Perfil das concentrações da solução na vizinhança da esfera, SCM – controlo da reacção química

4. Controlo Misto

   Quando os três mecanismos anteriores se evidenciam na mesma situação, estamos perante Controlo misto.

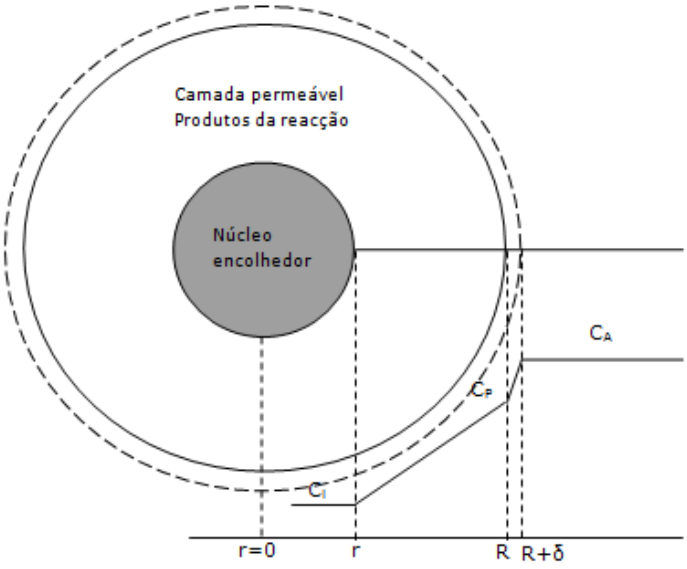


Figura 8 - Perfil das concentrações da solução na vizinhança da esfera, SCM – controlo misto

1.4 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO CRÓMIO

Na tabela periódica, o Crómio situa-se no 4º Grupo e 6º Período, é portanto um elemento de transição. A configuração electrónica é [Ar] $3d^5$ $4s^1$. Os possíveis estados de oxidação são +6, +3 e +2. A electronegatividade do Crómio, segundo a escala de Pauling é 1,66. Possui estrutura cristalina cúbica de corpo centrado. É um metal sólido de cor prateado metálico.

É utilizado especialmente em metalurgia em processos denominados electrodeposição, para aumentar a resistência à corrosão e dar um acabamento brilhante. Alguns de seus óxidos são usados em corantes e tintas. Também se aplica no tratamento de couros e preservação de madeiras.

A solubilidade do Cr (VI) sob a forma de óxido na água é 1854g/L a 20°C. A Organização Mundial da Saúde recomenda uma concentração máxima de 0.05mg/L de Cr (VI) nas águas de consumo. A Directiva comunitária 98/83/EC de 3 de Novembro de 1998 sobre a qualidade da água para consumo humano – Parâmetros Químicos – estipula também como concentração máxima o valor de 50 $\mu g\ L^{-1}$.

1.5 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO FERRO ELEMENTAR

Na tabela periódica, o Ferro situa-se no 4º Período e 8º Grupo, é portanto um metal de transição. A configuração electrónica é [Ar] $3d^6$ $4s^2$. Pode encontrar-se na natureza sob os estados de oxidação +6, +3, +2 e 0 (origem meteórica). A ocorrência do Ferro elementar é baixa, contudo este é obtido por redução dos seus óxidos através do emprego do carbono. São posteriormente submetidos a processos de limpeza e remoção de impurezas.

A electronegatividade do Ferro, segundo a escala de Pauling é 1,88. Possui estrutura cristalina cúbica de corpo centrado.

O Ferro é o elemento com maior aplicação na produção mundial de ligas metálicas.

1.6 REACÇÕES ENTRE CRÓMIO (VI) E FERRO ELEMENTAR

O Ferro elementar encontra-se na fase sólida e o Crómio (VI) encontra-se na fase líquida. É, portanto, uma reacção heterogénea, uma vez que envolve mais que uma fase. Apesar de poderem existir mais, apenas duas fases determinam a cinética de um processo heterogéneo porque a velocidade global da reacção é determinada pelo estágio mais lento.

As reacções verificadas entre o cromato (composto que contém o catião Cr^{6+}) e o ferro elementar são as seguintes para o cromato:

$$CrO_4^{2-} + Fe^0 + 8H^+ \rightarrow Fe^{3+} + Cr^{3+} + 4H_2O$$

$$(1-x)Fe^{3+} + (x)Cr^{3+} + 2H_2O \rightarrow Fe_{(1-x)}Cr_xOOH \downarrow +3H^+$$

A primeira representa uma reacção de oxidação-redução em que ocorre transferência de electrões, e a segunda exprime uma reacção de precipitação, com formação de soluções sólidas.

1.6.1 CINÉTICA DA REACÇÃO

As reacções químicas ocorrem em passos elementares. A cinética refere-se à velocidade de uma reacção, ou seja à variação temporal da concentração de um reagente ou de um produto. A cinética do processo é determinada pelo estágio mais lento, que é designado pelo passo determinante da velocidade.

Os primeiros estudos relativos à dissolução de sólidos em água devem-se a SCHUKAREV (1846), que concluiu que a velocidade do aumento da concentração do soluto segue a lei expressa pela equação:

$$\frac{dC}{dt} = kA(C_S - C) \tag{1.1}$$

em que C é a concentração do soluto no tempo t, C_s é a solubilidade do composto na água à temperatura da experiência, k um factor de proporcionalidade designado por velocidade específica e A é a área da superfície do sólido (Fiúza, s. d.).

O desenvolvimento seguinte foi efectuado por NERNST que ampliou o âmbito de aplicação da equação anterior dos processos meramente físicos para os processos químicos, ao estudar a dissolução de cristais de calcite numa solução ácida. NERNST interpretou o mecanismo da reacção do seguinte modo: quando um cristal está imerso numa solução de ácido a superfície ficará rapidamente coberta por uma camada saturada de produtos da reacção. Para que a reacção prossiga o ácido deve-se difundir de modo a atingir a superfície do cristal onde tem lugar a reacção química. Então a velocidade de dissolução seria simplesmente a velocidade de difusão do ácido através da camada limite. Assim, BRUNNER, em colaboração com NERNST utilizou a primeira equação de difusão de FICK para estabelecer uma relação entre a constante k e o coeficiente de difusão do soluto (Fiúza, s. d.).

$$k = \frac{D}{\delta}\frac{A}{V} \tag{1.2}$$

e a equação toma a forma

$$\frac{dC}{dt} = \frac{D}{\delta}\frac{A}{V}(C - C_i) \tag{1.3}$$

onde D é o coeficiente de difusão do ácido, A a área da superfície do sólido, V o volume da solução, C a concentração do ácido na solução, C_i a concentração do ácido na interface e δ a espessura da camada limite, actualmente designada por ***camada limite de Nernst***. BRUNNER (1904) demonstrou ainda que a constante k era proporcional à velocidade de agitação e que a espessura da camada de Nernst era da ordem de grandeza dos 0,001 cm, diminuindo com o aumento da agitação. NERNST considerou ainda que C_i era igual a zero, implicando que todos os processos de dissolução de um sólido num líquido eram controlados pela difusão e, portanto, dependentes da velocidade de agitação e com energias de activação baixas (inferiores a 5 kcal/mole). Muitas outras reacções de dissolução foram entretanto estudadas, entre outros por

WILDERMANN (1909) que concluiu que muitos metais se dissolvem em ácidos com velocidades independentes da velocidade de agitação e com energias de activação bastante superiores aos valores referidos por NERNST. Este conflito foi resolvido por BERTHOUD (1912), HEYMANN (1913), e VAN NAME e HILL (1913) que demonstraram que geralmente $C_i \neq 0$, e que a velocidade de difusão poderia ser idêntica à velocidade da reacção química na interface, i.e.

$$\frac{D}{\delta}(C - C_i) = KC_i \tag{1.4}$$

sendo a velocidade de dissolução dada por

$$velocidade = \frac{\frac{D}{\delta}k}{\frac{D}{\delta} + k}AC \tag{1.5}$$

Quando $D/\delta << k$, a velocidade da reacção será dada por **$(D/\delta)AC$** e a cinética é controlada pela difusão; quando $k << D/\delta$ a velocidade é dada por **k.A.C** e a cinética é controlada pela reacção química à superfície (Fiúza, s.d.).

Numa reacção heterogénea sólido-líquido, com dissolução de parte do sólido ocorrem, pelo menos, os seguintes passos elementares:

- Transporte do reagente até à interfase sólido-líquido pela difusão das suas moléculas através da camada limite de Nernst;
- Adsorção do reagente pelo sólido;
- Reacção química à superfície;
- Dessorção dos produtos da reacção da superfície do sólido;
- Transporte dos produtos solúveis para o exterior da superfície do sólido por difusão através da camada limite;

1.6.2 Reacções de Oxidação-Redução

As reacções de oxidação-redução são consideradas reacções de transferência de electrões. Existem à nossa volta processos que não são mais do que reacções de oxidação-redução. É o caso da combustão de combustíveis fósseis assim como o da acção de lixívias domésticas. Também nos processos mineralúrgicos, os elementos metálicos e não metálicos são obtidos dos minerais por processos de oxidação-redução.

Na reacção entre o cromato e o ferro elementar ocorre a seguinte reacção de oxidação-redução:

$$CrO_4^{2-} + Fe^0 + 8H^+ \rightarrow Fe^{3+} + Cr^{3+} + 4H_2O$$

Nos ensaios realizados foi utilizado o dicromato, pelo que a reacção verificada é a seguinte:

$$Cr_2O_7^{2-} + 2Fe^0 + 14H^+ \rightarrow 2Fe^{3+} + 4Cr^{3+} + 7H_2O$$

Dividindo a reacção global nas semi-reacções que ocorrem simultaneamente temos:

$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ Semi-reacção de redução

$2\left(Fe^0 \rightarrow Fe^{3+} + 3e^-\right)$ Semi-reacção de oxidação

1.6.3 Reacções de Precipitação

As reacções de precipitação são reacções caracterizadas pela formação de um composto insolúvel – precipitado. As reacções de precipitação normalmente envolvem compostos iónicos.

Na reacção de precipitação que ocorre entre o Ferro(III) e o Crómio(III) logo após a reacção de oxidação-redução, formam-se, essencialmente soluções sólidas de composição variável de óxidos /hidróxidos de ferro e crómio.

$$(1-x)Fe^{3+} + (x)Cr^{3+} + 2H_2O \rightarrow Fe_{(1-x)}Cr_xOOH \downarrow +3H^+$$

1.7 Organização da Tese

No primeiro capítulo são apresentados os objectivos do trabalho. É feito um estudo das características e propriedades do Crómio e do Ferro e uma abordagem às reacções que ocorrem entre os dois elementos. A importância deste estudo insere-se na implementação de técnicas de remediação de solos contaminados com Cr (VI).

No segundo capítulo são abordados os estudos e conclusões já realizados no âmbito da determinação dos parâmetros experimentais de dimensionamento de Barreiras Reactivas Permeáveis (BRP).

No terceiro capítulo são apresentadas as metodologias laboratoriais que permitiram elaborar o presente estudo do mecanismo das reacções químicas que ocorrem entre o Cr (VI) e o Ferro.

No capítulo 4 é elaborado o tratamento dos resultados obtidos e é feita a sua análise visando focar o objectivo do trabalho.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões do trabalho.

No capítulo 6 é feita uma avaliação e apreciação do trabalho realizado.

CAPÍTULO 2 - ESTADO DA ARTE

2.1 INTRODUÇÃO

O conceito de Barreira Reactiva Permeável (BRP) foi inicialmente desenvolvido pela Universidade de Waterloo (Canadá) no início dos anos 90 do século passado. A primeira instalação à escala piloto foi instalada em 1991 em Borden, no Ontario. A primeira instalação completa destinada a uma reabilitação foi construída em 1994 no Sunnyvale, California para tratamento de compostos orgânicos clorados.

As barreiras têm sido utilizadas no tratamento de

- Compostos orgânicos clorados, tais como o tetracloroeteno, o tricloroeteno, dicloroeteno e outros;
- Metais tais como o crómio e o urânio;
- Compostos orgânicos degradáveis e alguns aniões como nitratos;

No interior da barreira reactiva permeável podem ocorrer quatro tipos de reacções básicas:

1. Redução abiótica;
2. Redução biótica;
3. Precipitação química;
4. Sorção ou permuta iónica.

Uma das grandes aplicações das BRP tem sido a remoção do crómio existente nas águas subterrâneas utilizando ferro elementar granulado. A reacção química que ocorre

$$CrO_4^{2-} + Fe^0 + 8\ H^+ \rightarrow Cr^{3+} + Fe^{3+} + 4\ H_2O$$

tem sido estudada por inúmeros investigadores.

Alguns autores referem uma cinética rápida (Powell et al., 1995; Blowes et al., 1997; Blowes et al., 2000). O crómio é reduzido ao número de oxidação III pelo ferro, formando sais pouco solúveis em água que têm um mínimo de solubilidade entre pH 7 e 10. Nestas condições os hidróxidos de Cr(III) pouco solúveis ou misturas de hidróxidos de Fe(III) e de Cr(III) podem precipitar (Schwertmann, 1989; Blowes et al., 2000) limitando as soluções de Crómio em solução a valores inferiores a 50 $\mu g\ L^{-1}$.

$(x)\ Cr^{3+} + (1\text{-}x)\ Fe^{3+} + 3H2O \rightarrow (CrxFe1\text{-}x)(OH)3 + 3H^{+}$

No entanto o ferro elementar pode ser oxidado (corroído) por outros compostos existentes em solução, nomeadamente o oxigénio dissolvido na água, os nitratos e os sulfatos.

A reacção secundária que ocorre com mais facilidade é com o oxigénio dissolvido na água

$2\ Fe^{0} + O_2 + 2\ H2O \rightarrow 2\ Fe^{2+} + 4\ OH^{-}$

O composto seguinte a ser reduzido é o nitrato e depois o sulfato. Num ambiente anaeróbio, sem oxigénio, pode ocorrer a oxidação do ferro pela própria água.

Em 2005 o Centro de Investigação em Geo-Ambiente e Recursos (CIGAR), do Departamento de Engª de Minas da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto iniciou a investigação proposta no projecto POCI/ECM/59779/2004 "Protocolos Experimentais Para Determinação dos Parâmetros de Dimensionamento de Barreiras Reactivas Permeáveis ". O projecto foi oficialmente concluído em 2008 mas inúmeras questões sobre a fenomenologia das reacções e sobre os mecanismos da cinética ficaram por esclarecer (não estavam aliás consideradas na investigação a desenvolver).

Os estudos que se apresentam de seguida foram realizados no âmbito do projecto de investigação científica e de desenvolvimento tecnológico acima citado. Na sua execução participaram os seguintes investigadores: António Fiúza, Maria Cristina Vila, Aurora Futuro, Alexandre Leite, António de la Fuente, Cristina Matos e Aurora Silva. Participaram ainda os alunos: Elizabeth Vieira, Teresa Silva, Diana Dias, Marlene Miranda e Goreti Carvalho.

2.2 ESTUDOS PRELIMINARES

Foram realizados diversos estudos com a finalidade de analisar a reacção de remoção de Cr (VI) de soluções. Nesses estudos utilizou-se o ferro elementar como reagente sob três formas distintas: ferro granulado, plaquetas de ferro quimicamente puro e ferro nanoparticulado.

A utilização do ferro granulado tal qual verificou baixos rendimentos na reacção. Foi colocada a questão da existência de oxidação superficial do ferro.

Testou-se esta hipótese através de um tratamento inicial da superfície do ferro que consistiu em lavagens do ferro com diferentes soluções a diferentes concentrações: água, acetona, ácido

clorídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico e hidróxido de sódio. A solução de lavagem testada que obteve melhores resultados na remoção da camada oxidada da superfície do ferro foi a solução de ácido sulfúrico 0.2N.

A análise da influência da massa de ferro no rendimento de remoção de Cr (VI) foi realizada utilizando diferentes massas de ferro. Os resultados obtidos verificam a existência de uma relação constante entre a massa de ferro utilizada e o Cr (VI) removido. Daqui se conclui que a eficiência de remoção de Cr (VI) é, pois, tanto maior quanto maior for a massa de ferro utilizada na reacção.

Estes resultados admitem que a velocidade da reacção é tanto mais rápida quanto mais elevada for a massa inicial de ferro utilizada, ou seja, a área superficial disponível para a reacção. Entende-se que a cinética da reacção depende da área superficial livre e a eficiência da reacção depende da quantidade de massa de ferro inicial.

Para analisar a influência da temperatura na cinética, realizaram-se ensaios a três temperaturas distintas: 25, 35 e 50ºC. Os resultados permitiram concluir que a velocidade da reacção é tanto mais rápida quanto mais elevada for a temperatura.

O estudo da cinética com agitação mecânica à velocidade de 100rpm à temperatura ambiente de 20ºC observou que a cinética foi mais rápida que em estudos anteriores. Tal facto ficou a dever-se à utilização de agitação nos ensaios realizados neste estudo. Daqui se conclui que a reacção é controlada essencialmente pela difusão através da camada limite devido à elevada influência que o efeito da agitação demonstrou nos resultados destes ensaios.

Foram realizados novos ensaios com o objectivo de analisar a influência do pH na cinética da reacção. O valor de pH foi ajustado adicionando pequenas quantidades de hidróxido de sódio (nos ensaios em que se elevou o valor de pH) ou de ácido sulfúrico (nos ensaios em que se baixou o valor de pH). Os resultados obtidos no decurso da reacção para a concentração de Cr (VI) na solução provam que a eficiência da reacção é mais elevada a pH ligeiramente ácido, baixando pouco para valores de pH neutros e pouco alcalinos. Com valores de pH elevados a reacção praticamente não ocorre.

2.3 ESTUDOS DO MECANISMO DA REACÇÃO

O mecanismo da reacção foi estudado através de uma plaqueta de ferro elementar puro em contacto prolongado com uma solução de Cr (VI). A plaqueta foi posteriormente analisada por difracção de raios X e microssonda electrónica. Na análise por difracção de raios X (DRX) estudou-se uma fina partícula com Cr depositada sobre a plaqueta de ferro. O espectro permitiu observar a existência de um material cristalino identificado como ferro metálico de estrutura cúbica centrada, correspondente à parte essencial da plaqueta. Observou-se também a existência de uma fase pouco estruturada ou amorfa interpretada como pertencendo a uma película. Essa película não corresponde a uma estrutura cristalina com crómio na sua constituição.

O estudo por microssonda electrónica efectuado sobre uma secção recta, previamente montada em resina e devidamente polida, compreendeu a realização de imagens de electrões secundários e mapas de raios X. Nas imagens foi possível a visualização de uma fase pelicular na zona superficial distinta do substrato do qual parece estar destacada; apresenta uma espessura de 12µm aproximadamente.

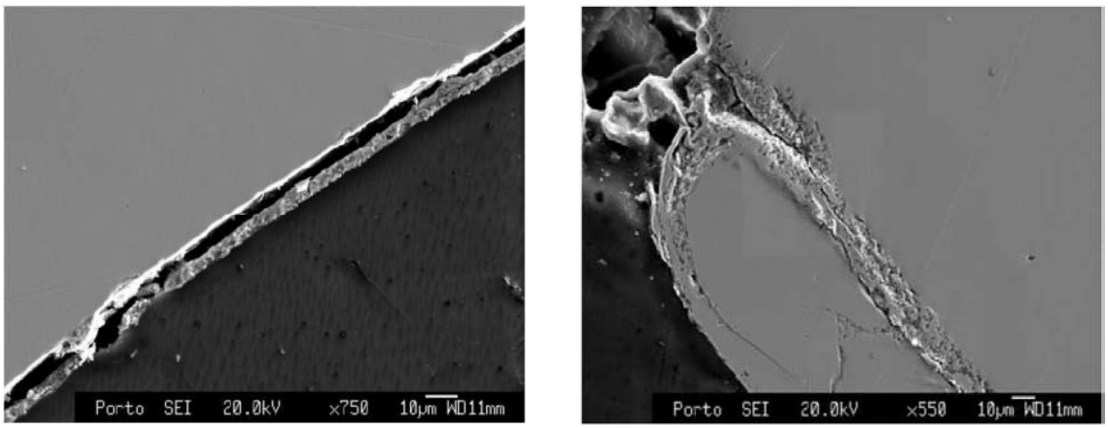


Figura 9 – Imagens de electrões secundários de uma partícula de ferro metálico de elevada pureza após contacto prolongado com uma solução de dicromato de potássio

Dos mapas de raios X realizados sobre uma zona pelicular, concluiu-se que: a ocorrência de crómio verifica-se apenas na zona pelicular e que os teores são baixos; a distribuição do crómio não é contínua nem homogénea; os teores mais elevados de crómio ocorrem nas zonas mais interiores da zona pelicular.

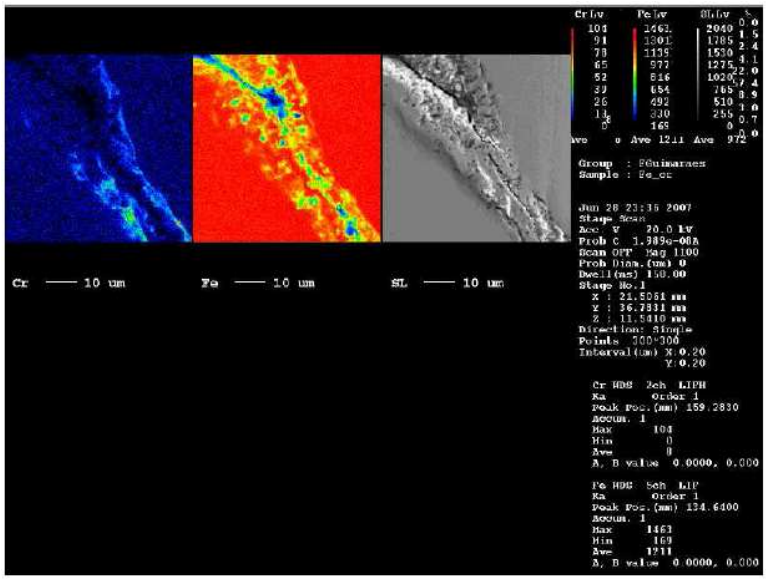


Figura 10 – Mapas de Raios X - distribuições do Crómio e do Ferro

Do estudo dos ensaios preliminares e do mecanismo da reacção concluiu-se o seguinte:

- A solução de crómio (VI) difunde-se através da camada limite de Nernst até à superfície dos grânulos de ferro;
- O dicromato (Cr_2O_7) é adsorvido pela superfície do ferro;
- Ocorre uma reacção química na superfície dos grânulos de ferro e formam-se precipitados mistos de Fe(III)-Cr(III);
- Os precipitados são dessorvidos da superfície do ferro e são transportados para o seio da solução;

Estamos, portanto, na presença de uma fenomenologia típica das reacções sólido-líquido, tal como a lixiviação e a cementação.

2.4 Estudo do Modelo de Cinéticas Heterogéneas Aplicável

A remoção do Cr (VI) através do ferro elementar tem uma cinética rápida. Contudo, a eficiência depende do tipo de ferro utilizado e da área superficial específica. O dicromato é um oxidante forte, porém, é também um passivador do ferro. A acumulação de produtos da reacção entre o ferro e o Cr (VI) na superfície das partículas de ferro pode diminuir a eficiência da descromitização. São descritos como produtos da reacção compostos como $(FeCr)_2O_3$ e o $(FeOCr)_2O_3$ entre outros hidróxidos de ferro e de crómio.

A determinação da cinética em termos clássicos relativos a reacções homogéneas não é a abordagem mais adequada, apesar de ser utilizada frequentemente na investigação publicada. A reacção é heterogénea, sendo que a redução do Cr (VI) em solução aquosa por grânulos de ferro assemelha-se a reacções de lixiviação e cementação. À medida que a reacção evolui o ferro elementar é consumido pela reacção de oxidação passando a Fe(III), formando precipitados mistos com o Cr(III), que se libertam da superfície do ferro. Assiste-se, por isso, à diminuição do raio das esferas de ferro se não ocorrer deposição de produtos da reacção na sua superfície.

A cinética depende directamente da concentração inicial de crómio na solução, da área superficial inicial de ferro livre para a reacção (produto da área especifica pela quantidade inicial de ferro expressa em volume), da constante cinética da reacção que ocorre entre o ferro e o crómio na superfície dos grânulos, do volume inicial da solução e de um factor estequiométrico que relaciona o consumo de ferro com a redução do Cr (VI). Indirectamente depende também da temperatura.

O estudo da cinética para diferentes quantidades de ferro adicionadas a uma solução de Cr (VI) demonstrou que maiores quantidades de massa de ferro removem o Cr (VI) da solução em menos tempo. Concluiu-se que a cinética da reacção é tanto mais rápida quanto a massa de ferro (ou área superficial disponível) no inicio da reacção.

O estudo cinético para a temperatura foi realizado através do uso de banho em água termostatizado com pH de 5,2. Foram testadas diferentes temperaturas. Os resultados demonstram que o valor do parâmetro cinético aumentou notavelmente com a temperatura. A representação do parâmetro cinético com a temperatura mostrou que o aumento é exponencial. Esta dependência revelou que a cinética é controlada pela reacção química de oxidação-redução e não pela difusão através da camada limite, caso contrário haveria dependência linear com a temperatura.

O estudo da influência do pH na cinética foi efectuado através da adição de pequenas quantidades de soluções de hidróxido de sódio e de ácido sulfúrico, testando valores de pH entre 1 e 10,7.

- Para valores de pH muito baixo a redução foi quase instantânea; a análise total de crómio mostrou que 30% permanece na solução sob a forma de Cr (III) sem reagir com o ferro.

- No intervalo de valores de pH situados entre 3,8 e 6 o crómio tem tendência a reagir com o ferro formando precipitados mistos e eventualmente soluções sólidas.
- Na gama de valores de pH alcalino, o crómio tem tendência a precipitar na forma de óxido Cr_2O_3 e apenas uma pequena quantidade reage com o ferro.

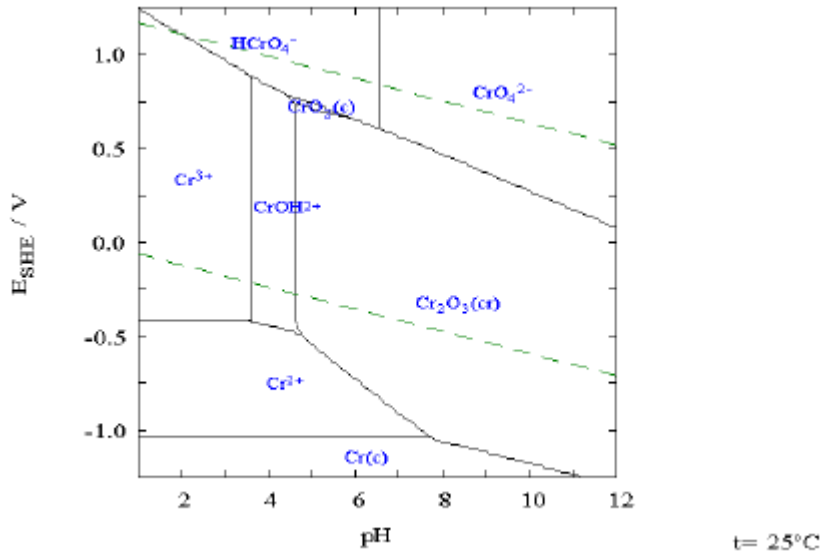


Figura 11 – Diagrama Eh-pH que delimita campos de estabilidade para os compostos de Crómio

O estudo da influência da concentração inicial de Cr (VI) na cinética compreendeu soluções de diferentes concentrações tendo-se adicionado a mesma quantidade de ferro.

Os resultados indicam que a velocidade da reacção para concentrações baixas é maior do que para concentrações elevadas, mas inferior à velocidade para concentrações intermédias. Este resultado indica que a dependência da taxa cinética com a concentração inicial não é simples. A quantidade de ferro (agente redutor) é a mesma para diferentes quantidades de dicromato (agente oxidante), portanto, os potenciais electroquímicos iniciais são diferentes conduzindo a pontos de partida distintos no diagrama Eh-pH - Figura 11. A explicação provável consiste no facto da cinética aumentar proporcionalmente à concentração inicial de Cr (VI), até se atingir um ponto em que o potencial electroquímico é demasiado elevado e parte do crómio não é reduzido e/ou precipita na forma de óxido.

Da cinética de redução do Cr (VI) pelo ferro elementar concluiu-se que a reacção é heterogénea e a sua cinética deve ser abordada como tal.

Das experiências em que se estudou a influência de parâmetros tais como: quantidade de ferro, temperatura, pH, concentração inicial de Cr (VI), resultou uma boa adaptação a cinética das reacções heterogéneas. As experiências situadas no intervalo de pH próximo da neutralidade confirmam o ajustamento ao modelo, uma vez que a ordem da reacção concorda com a ordem teórica proposta de 2/3. A velocidade específica da reacção química foi determinada para as diferentes experiências, sendo o valor médio consistente de 711.20 $mg^{1/3}.min^{-1}$.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIAS

As experiências realizadas no laboratório consistiram na imersão de esferas de diferentes calibres e partículas de Ferro elementar em soluções de dicromato de potássio, contendo Cr (VI). O contacto entre o Ferro elementar e o Cr (VI) origina uma reacção de oxidação/redução. O Ferro é oxidado passando do número de oxidação de 0 para +3, enquanto o Crómio (VI) é reduzido passando do estado oxidação de +6 para +3. De seguida, ocorre uma reacção de precipitação. O precipitado formado é constituído por óxidos e hidróxidos de Cr(III) e Fe(III) que precipitam simultaneamente, formando soluções sólidas de composição variável. Os ensaios decorreram à temperatura ambiente de 20ºC aproximadamente e com pH inicial de 5.1.

A reacção de oxidação-redução que ocorre é a seguinte:

$$Cr_2O_7^{2-} + 2Fe^0 + 14H^+ \rightarrow 2Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

Os precipitados mistos formam-se de acordo com a seguinte reacção.

$$(1-x)Fe^{3+} + (x)Cr^{3+} + 2H_2O \rightarrow Fe_{(1-x)}Cr_xOOH \downarrow +3H^+$$

Durante a reacção, a concentração de Cr (VI) presente na solução decresce, e o calibre das esferas de Ferro elementar diminui.

Para analisar a concentração da solução de Cr (VI), foi construída uma recta de calibração no espectofotómetro. Ao longo da experiência, amostras da solução foram recolhidas para análise para assim se poder observar a evolução da concentração em Cr (VI).

Através de uma câmara acoplada a um computador que utiliza o software CamWare v2.12, fez-se a captação de imagens das esferas de Ferro imersas na solução de Cr (VI). As imagens obtidas antes, durante e até à conclusão da experiência foram posteriormente tratadas. Este procedimento permitiu avaliar o diâmetro das esferas em cada momento da experiência em que as imagens são captadas.

A análise microscópica com scanning por fluorescência de raios X realizada no Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), permitiu a visualização ampliada do corte interceptando o núcleo das esferas e partículas de Ferro antes e após a reacção. Permitiu ainda quantificar os compostos formados por precipitação.

3.1 PLANO EXPERIMENTAL

Colocou-se 500mL de solução de dicromato de potássio de concentração 25 mg/L em Cr (VI) em 5 copos de vidro devidamente identificados. Foi utilizada uma massa aproximadamente de 1,500g de Ferro de diferentes calibres, conforme indicado na Tabela 1 – Tipo e Calibre das esferas de Ferro utilizadas na experiência.

Solução de Crómio VI	Copo	Ferro elementar	Lavagem intermédia
Solução 1 [Cr VI] = 25,15 mg/L	1	Esferas de calibre 0,30 – 0,60 mm	Não
	2	Esferas de calibre 0,80 – 1,20 mm	Não
	3	Esferas de calibre 0,80 – 1,20mm	Sim
	4	Esferas de calibre 1,50 –2,20 mm	Não
Solução 2 [Cr VI] = 25,29 mg/L	5	Partículas de Ferro puro	Não

Tabela 1 – Tipo e Calibre das esferas de Ferro utilizadas na experiência

Antes de se colocar o Ferro elementar na solução de Cr (VI), este sofreu um tratamento que consistiu em duas lavagens com a duração de 5 minutos numa solução de ácido sulfúrico de concentração 0,2N. Após este procedimento, as esferas e partículas foram secas e adicionadas aos respectivos copos com soluções de Cr (VI).

O ensaio a decorrer nos copos 1, 2 e 4 permite medir a influência da superfície específica das esferas, dado que cada um deles continha esferas de calibres diferentes, numa distribuição granulométrica de gama apertada. Os copos 2 e 3 que continham esferas do mesmo calibre, permitiram estudar a influência das lavagens intermédias com solução ácida, pois apenas às esferas do copo 3 foi aplicado esse tratamento. Este tratamento remove a camada de produtos que entretanto se formou na superfície do Ferro. O copo 5 contendo partículas de Ferro puro permitiu analisar o rendimento da reacção.

Os estudos relativos ao consumo de ferro foram realizados pela análise de imagens das esferas dos copos 1, 2 e 3 captadas antes, durante e até à conclusão da experiência. Não foram estudadas imagens das esferas do copo 4 pelo facto de, mesmo utilizando a menor ampliação

possível da câmara, uma fotografia conter um número pequeno de esferas; esta circunstância poderia conduzir a uma amostra não representativa das esferas do calibre 1,50 – 2,20 mm. A análise da concentração da solução onde as esferas estiveram imersas avaliou a evolução da redução de Cr (VI) pelo ferro.

3.1.1 SOLUÇÃO DE CRÓMIO (VI)

Preparou-se uma solução de dicromato de potássio de concentração em Crómio (VI) igual a $200 mg/L$, $[Cr] = 200 mg/L$ (ver anexo A.1.1).

Prepararam-se duas soluções $[Cr] = 25 mg/L$ por diluição da solução $[Cr] = 200 mg/L$ uma de 2L de volume e outra de 1L (ver anexo A.1.2)

O volume de solução $[Cr] = 200 mg/L$ a diluir é dado pela fórmula:

$$CiVi = CfVf \ , \qquad (3.1)$$

onde C_i e C_f são as concentrações inicial e final respectivamente e V_i e V_f são os volumes inicial e final respectivamente.

Com uma pipeta, retirou-se 1 mL de cada uma das soluções e analisou-se a concentração no espectofotómetro (ver sub-capítulo 3.2.2 Recolha e preparação da amostra da solução de Crómio (VI)).

A solução 1 foi repartida por 4 copos de 500mL, e da solução 2 foi retirado um volume de 500 mL e colocado no copo 5.

Os 5 copos foram selados com parafilme de forma a evitar evaporação de água e consequente adulteração das concentrações de Crómio (VI).

3.1.2 ESFERAS E PARTÍCULAS DE FERRO ELEMENTAR

Do catálogo do fabricante foram seleccionados esferas de Ferro de calibres 0,30 – 0,60mm, 0,80 - 1,20mm e 1,50 – 2,20mm.



Figura 12 – Pormenor do catálogo do fabricante das esferas de Ferro

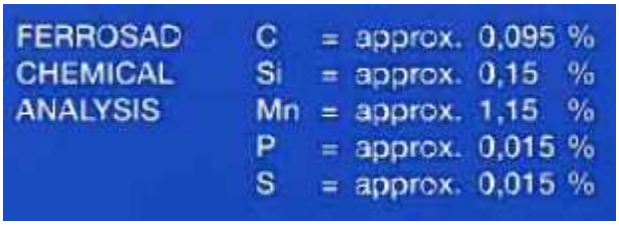


Figura 13 – Composição química das esferas, além do Ferro

Da análise química das esferas de ferro, verifica-se que existem outros constituintes tais como carbono, silício, manganês, fósforo e enxofre. Por este motivo foi utilizada uma outra classe de ferro de elevada pureza (99,98%) de forma a poder-se estudar o rendimento da reacção entre o Crómio (VI) e o Ferro.

	Copo	Massa de ferro antes da reacção	Massa de ferro após reacção
	1	1,5015g	1,4863g
	2	1,5008g	1,4931g
	3	1,5014	1,4196g
	4	1,5010g	1,4988g
	5	1,5017g	1,5064g

Tabela 2 – Tipos de ferro utilizados nos ensaios

Após pesagem, o Ferro a utilizar nos copos 1, 2 e 3 foi sujeito a captação de imagens.

Cada conjunto de esferas e partículas de ferro foram pré-tratadas. Foram sujeitas a lavagem numa solução de ácido sulfúrico 0,2N (ver anexo A.2.1) e agitadas com a ajuda de uma vareta de vidro durante 5 minutos. Foram filtradas através de um filtro de papel. Repetiu-se a lavagem em ácido com agitação da vareta e filtração. De seguida retirou-se o máximo de solução ácida da superfície das esferas envolvendo-as em papel absorvente. Este procedimento tem como

objectivo remover o máximo de impurezas fixadas na superfície das esferas e partículas de Ferro, tornando-a disponível para a reacção com o Crómio (VI).



Figura 14 – Lavagem, filtração e secagem do ferro

Após este procedimento cada conjunto de esferas ou partículas foi adicionado ao respectivo copo contendo solução de crómio (VI). Deu-se início à reacção entre Ferro e Crómio (VI).



Figura 15 – Copos contendo a solução de Crómio (VI) e o Ferro

3.2 Análise da concentração da solução de Crómio (VI)

A concentração das soluções de Crómio (VI), foi obtida através da análise por espectrofotometria.

Para se obter informação sobre a absorção de uma amostra, ela é inserida na passagem óptica do aparelho. A radiação UV num comprimento de onda seleccionado de 540 nm, atravessa a amostra. O espectrofotómetro mede a quantidade de luz que foi absorvida pela amostra.

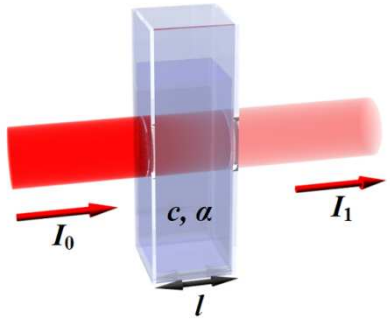


Figura 16 - Diagrama da absorção de um feixe de luz atravessando uma cuvete

Utilizando os resultados da espectroscopia para concentrações conhecidas podemos desenhar a Recta de Calibração, que traduz a absorvância em função da concentração da solução.

3.2.1 CONSTRUÇÃO DA RECTA DE CALIBRAÇÃO

Preparou-se uma solução $[Cr] = 2mg/L$ por diluição da solução $[Cr] = 200mg/L$ num volume de 500mL (ver anexo A.1.3). Esta solução é utilizada na preparação das soluções padrão. A preparação das soluções padrão é feita utilizando balões de 100 mL. Para cada padrão, dilui-se o volume de solução $[Cr] = 2mg/L$ indicado na tabela seguinte, obtendo-se a concentração pretendida.

Padrão	Vol. Sol. Padrão (mL)	Conci (mg/L)	Vol. Sol. [Cr]=2mg/L a adicionar (mL)
1	100	0,01	**0,5**
2	100	0,02	**1**
3	100	0,05	**2,5**
4	100	0,10	**5**
5	100	0,20	**10**
6	100	0,30	**15**
7	100	0,50	**25**
8	100	0,70	**35**
9	100	1,00	**50**

Tabela 3 – Preparação dos Padrões para construção da Recta de Calibração



Figura 17 – Padrões utilizados na construção da recta de calibração

Padrão	Concentração (mg/L)	Absorvância
1	0,01	0,0020
2	0,02	0,0137
3	0,05	0,0335
4	0,10	0,0646
5	0,20	0,1315
6	0,30	0,1986
7	0,50	0,3201
8	0,70	0,4450
9	1,00	0,6271

Tabela 4 - Absorvância determinada pelo Espectofotómetro para cada um dos padrões em (mg/L)

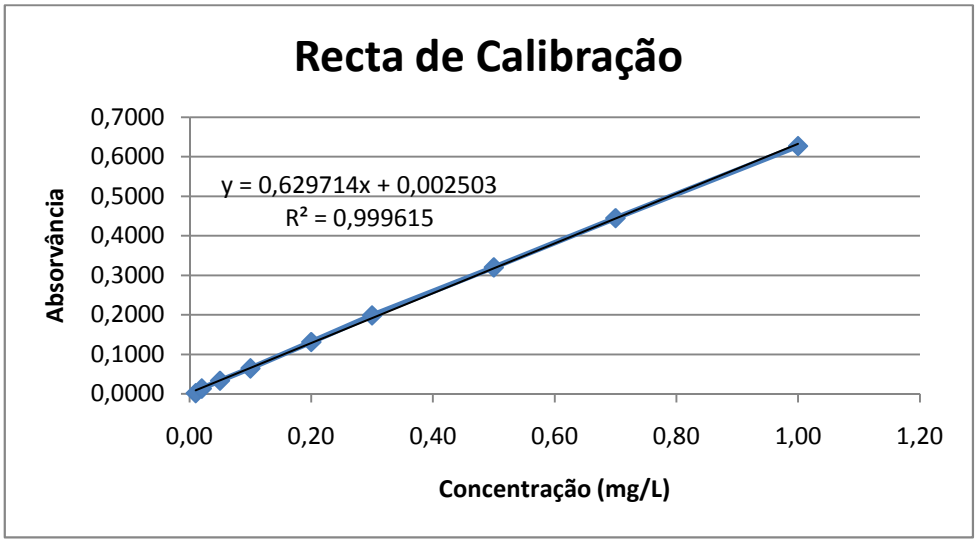


Figura 18 - Recta de calibração e respectica equação (conc em (mg/L))

A curva obtida tem um ajuste a uma recta com coeficiente de correlação $r = 0{,}999807$ e um $r^2 = 0{,}999615$. Este valor indica que a construção da recta de calibração foi conseguida com elevada precisão.

3.2.2 Recolha e preparação da amostra da solução de Crómio (VI)

O procedimento consiste em recolher uma amostra da solução a analisar. O volume de amostra recolhido foi sempre de 1 mL para cada análise. Esse volume de solução foi rigorosamente medido com uma pipeta. Foi colocado num balão de 100mL. Introduziu-se também 44 gotas de solução de ácido sulfúrico de concentração 1M (ver anexo A.2.2) e 2mL de solução de difenilcarbazida. O volume de 100 mL foi obtido através da adição de água desmineralizada.



Figura 19 – Amostras preparadas para análise

3.2.2.1 Acerto do valor de pH entre 1,6 e 2,2

O meio ácido indispensável à ocorrência de formação do precipitado de cor rosa avermelhado foi conseguido através da adição de solução de ácido sulfúrico de concentração 1M. Para se ensaiar a quantidade de ácido a juntar, foi necessário preparar soluções de igual concentração às soluções padrão. O pH inicial foi medido introduzindo um eléctrodo de pH na solução. Adicionou-se o ácido gota-a-gota até se obter um valor de pH situado entre 1,6 e 2,2. Para 4 soluções preparadas com concentrações 10, 20, 50 e 1000 (µg/L), verificou-se que adicionando 44 gotas de solução de ácido sulfúrico 1M se alcançava um meio ácido com o valor de pH rondando valores entre 1,983 e 1,958.

Padrão	Conci (µg/L)	Vol. Sol. [Cr]=2mg/L a adicionar (mL)	pH inicial	pH final
1	10	0,5	5,083	1,983
2	20	1	5,060	1,973
3	50	2,5	5,042	1,967
9	1000	50	5,031	1,958

Tabela 5 – Valores do pH antes e após adição de ácido

3.2.2.2 Solução de Difenilcarbazida

A solução de difenilcarbazida é o reagente, que em contacto com o Crómio (VI) em meio ácido (cujo valor de pH esteja situado no intervalo entre 1,6 e 2,2), forma um precipitado que confere uma cor rosa avermelhado à solução.

A preparação desta solução consiste em diluir 0,250g de massa do composto 1,5-difenilcarbazida em 50 mL de acetona pura. A solução é armazenada num frasco de vidro escuro. Esta solução pode ser utilizada até 5 dias após preparação.

3.2.3 ANÁLISE DA AMOSTRA DA SOLUÇÃO DE CRÓMIO (VI)

Após preparação das amostras de solução de crómio (VI) para análise, é vertida uma pequena quantidade para uma *couvette*.

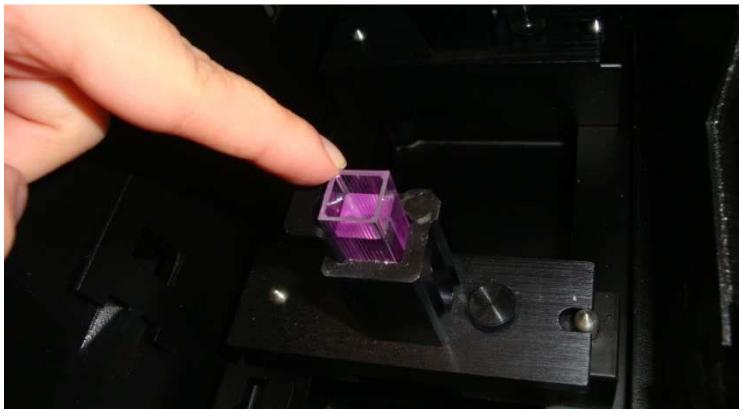


Figura 20– Colocação da couvette

A couvette é colocada no local apropriado do espectofotómetro. Este instrumento procede, então, à leitura da concentração da solução.

É utilizado um comprimento de onda de 540 nm, e são realizadas 3 réplicas da leitura. A leitura final será a média das 3 réplicas.

O valor da concentração da solução analisada será dado pelo produto da leitura do espectofotómetro pelo factor de diluição da amostra (foram efectuadas diluições de 1mL de amostra de solução num volume total de 100mL). Também as unidades da concentração são convertidas de µg/L para mg/L.

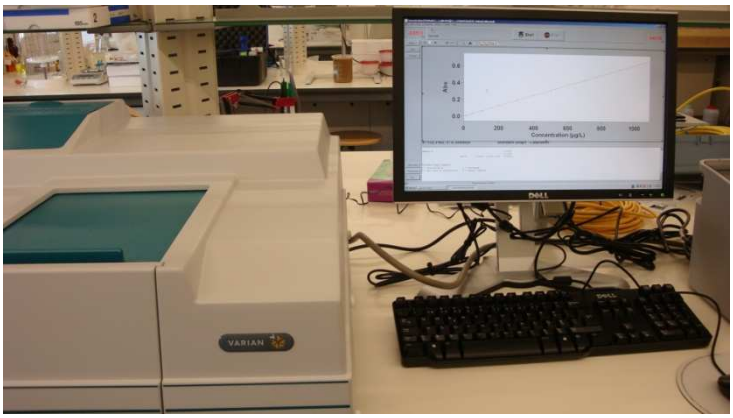


Figura 21 – Espectofotómetro e computador

3.3 CAPTAÇÃO DE IMAGENS DAS ESFERAS DE FERRO

Através de um sistema que integra uma câmara de filmar com mecanismo de ampliação de imagem e um computador que utiliza o software CamWare v2.12, faz-se a captação de imagens (Anexo B).

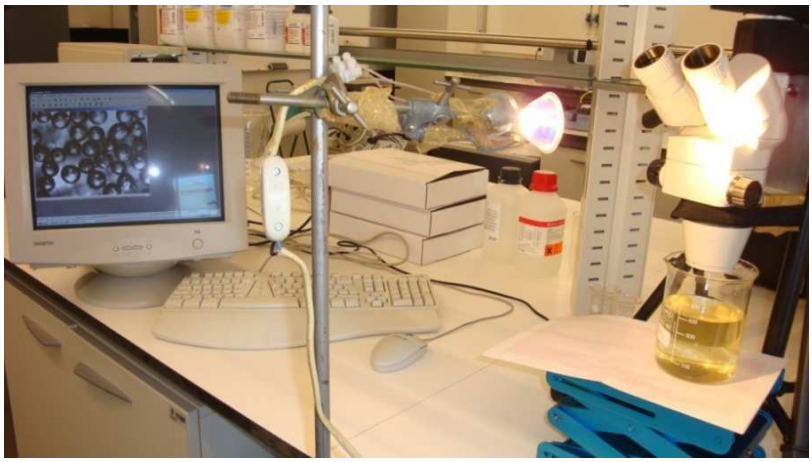


Figura 22 – Sistema de captação de imagem (câmara e computador)

O copo que contém as esferas que se pretende fotografar é colocado sobre um suporte que o permite movimentar para cima e para baixo.

Entre o suporte e o copo é colocada uma folha de papel milimétrico. Esta tem a função de definir a escala das imagens captadas.

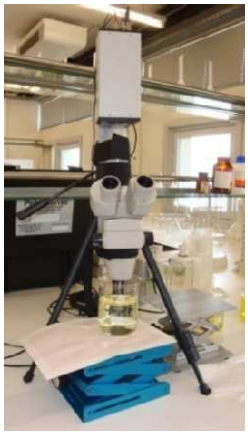


Figura 23 – Captação de imagens

Foram captadas imagens das esferas nas seguintes datas:

Data	Copo 1	Copo 2	Copo 3
21 Abril	10	15	15
24 Abril	10	15	15
27Abril	10	15	15
29 Abril	12	15	15
5 Maio	---	15	15
8 Maio	---	15	15
11 Maio	10	---	---
15 Maio	---	15	15
18 Maio	---	15	15
21Maio	---	---	15
22 Maio	---	---	15
27Maio	---	---	15

Tabela 6 – Data e número de imagens captadas por copo

O tratamento das imagens foi efectuado através do software Scion Image, utilizando uma rotina apropriada para desenhar e medir o contorno das esferas.

3.4 REACÇÃO ENTRE O CRÓMIO (VI) E O FERRO ELEMENTAR

No decorrer dos ensaios em que a reacção de oxidação-redução teve lugar, verificou-se a formação de precipitados que sedimentavam no fundo do copo e na periferia das esferas.

3.4.1 FORMAÇÃO DE PRECIPITADOS

Verificou-se visualmente o aparecimento de precipitados que se formaram durante a reacção entre o Cr (VI) e o ferro elementar que se depositaram no fundo do copo na proximidade da esfera de onde se separaram.

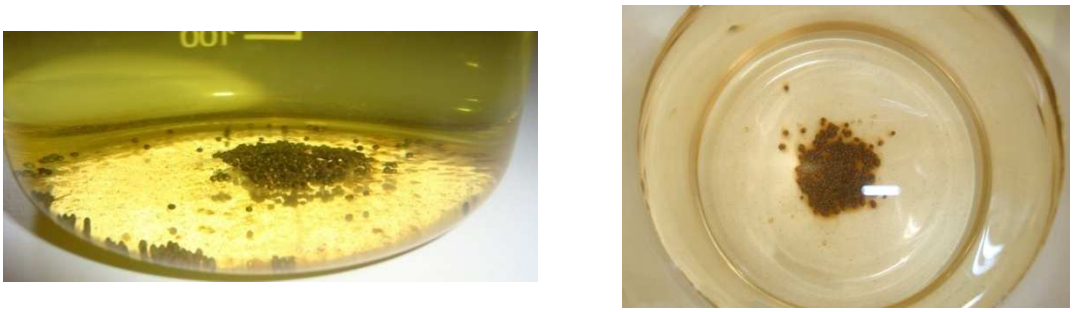


Figura 24 - Precipitados sedimentados na periferia das esferas

Estes precipitados conferiam turbidez à solução. A qualidade das imagens das esferas era afectada, pelo que se tornou necessário filtrar as soluções. Na filtração das soluções foi usada uma bomba de vácuo e de um filtro de membrana microporosa de 0,45 μm.



Figura 25 – Sistema de filtração- bomba de vácuo e filtro de membrana

Os precipitados removidos da solução ficaram retidos nos filtros de membrana. As fotos seguintes ilustram o aspecto dos precipitados.

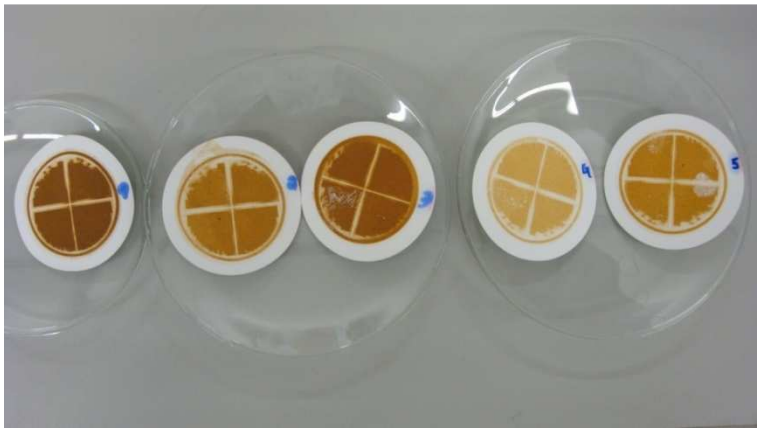


Figura 26 – Precipitados retirados dos ensaios



Figura 27 – Precipitados retirados da solução 3

Filtração das soluções		
	Data	Copo
1	28 Abril	1, 2, 3, 4 e 5
2	8 Maio	3
3	15 Maio	3
4	19 Maio	3
5	21 Maio	3
6	25 Maio	3

Tabela 7 – Data das filtrações efectuadas

À medida que a reacção ocorreu e se formaram precipitados, foi visível a perda de cor da solução. O copo 3 em que se ensaiou a influência das lavagens intermédias foi o que produziu maior quantidade de precipitados e foi também o que sofreu desaparecimento de cor mais acentuado.



Figura 28 – Perda de cor da solução 3

3.5 MICROSCOPIA E ANÁLISE POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

Após concluída a experiência, as esferas e partículas de ferro foram retiradas da solução. Mediu-se a sua massa na balança de precisão para comparação com a massa antes de estarem em contacto com a solução de Cr (VI).

Para análise microscópica e de fluorescência por raios X , a realizar no LNEG, foram enviadas as seguintes classes de esferas e partículas:

1. Esferas de calibre 0,80 – 1,20 mm em bruto
2. Esferas de calibre 0,80 – 1,20 mm após lavagem com solução de ácido sulfúrico 1M
3. Esferas de calibre 0,80 – 1,20 mm que reagiram com a solução de Crómio (VI) e não comportou lavagens intermédias.
4. Esferas de calibre 0,80 – 1,20 mm que reagiram com a solução de Crómio (VI) e comportou lavagens intermédias.
5. Partículas de Ferro de elevada pureza
6. Precipitados formados durante a reacção que ocorreu entre o ferro e o Crómio (VI)
7. Esferas de calibre 0,30 – 0,60 mm que reagiram com a solução de Crómio (VI) e não comportou lavagens intermédias.

Cada conjunto de esferas ou partículas de ferro foi colocado num pequeno recipiente. De imediato adicionou-se uma cera derretida que impediu reacções com o ar atmosférico.



Figura 29 – Suporte em resina das esferas, partículas e precipitado de Ferro

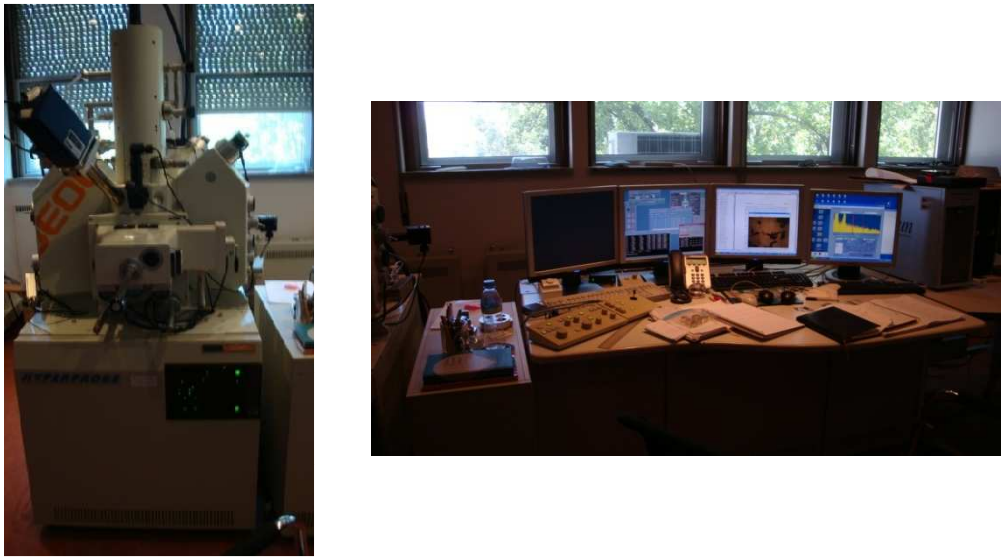


Figura 30- Sistema de análise de Microscopia e Fluorescência de Raios X (LNEG)

CAPÍTULO 4 – TRATAMENTO, ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 CONCENTRAÇÃO DE CRÓMIO (VI)

Os resultados da concentração em Cr (VI) no decorrer da reacção entre este catião e o ferro estão representados na tabela 8.

Estes resultados evidenciam para os ensaios 1, 2, 4 e 5 que a concentração estabiliza sensivelmente, após aproximadamente 24h do inicio da reacção. Para o ensaio 3, os valores evidenciados a amarelo resultam de análises efectuadas após algumas horas de se ter feito a lavagem das esferas. Resultam, portanto, do processo de remoção de produtos da reacção depositados na superfície dos grânulos de ferro. Verifica-se que este processo é eficaz, pois a concentração em Cr (VI) diminui continuamente o seu valor com as lavagens. Pode observar-se que inicialmente o decréscimo da concentração em Cr (VI) pelo efeito do tratamento intermédio é mais acentuado que no final da reacção. A explicação para tal facto pode residir no valor do pH da solução que inicialmente é próximo de 5 e no decorrer da reacção torna-se progressivamente mais elevado. É dado adquirido que a descromitização é mais eficaz se o meio da solução for ácido.

Verifica-se, no dia 20 de Maio, que a análise efectuada pelas 18 h contém um erro de medição. Os resultados da concentração obtidos após duas lavagens seguidas com intervalo de 2,5h entre si, denunciam uma baixa remoção de Cr (VI) da solução. Esta observação permite inferir que o contacto entre as esferas de ferro, após remoção dos produtos depositados na sua superfície, com a solução de Cr (VI) não produz reacção imediata. Tal facto depreende que a solução tem que ultrapassar um filme formado na superfície do ferro – camada limite de Nernst.

				Sol 1			Sol 2			Sol3			Sol 4			Sol 5		
Análise	Data	Hora	tempo(h)	Volume gasto (mL)	Conc (mg/L)	Massa Cr no recipiente, mg	Volume gasto (mL)	Conc (mg/L)	Massa Cr no recipiente, mg	Volume gasto (mL)	Conc (mg/L)	Massa Cr no recipiente, mg	Volume gasto (mL)	Conc (mg/L)	Massa Cr no recipiente, mg	Volume gasto (mL)	Conc (mg/L)	Massa Cr no recipiente, mg
Ci	22-Abr	11:00	0,0	1,0	26,15	13,08	1,0	26,15	13,08	1,0	26,15	13,08	1,0	26,15	13,08	1,0	25,29	12,65
1	22-Abr	13:00	2,0	1,0	25,18	12,54	1,0	24,90	12,40	1,0	25,16	12,53	1,0	25,25	12,57	1,0	24,30	12,10
2	22-Abr	17:00	6,0	1,0	23,80	11,83	1,0	23,69	11,77	1,0	23,24	11,55	1,0	23,11	11,49	1,0	23,56	11,71
3	22-Abr	19:00	8,0	1,0	25,08	12,44	1,0	23,45	11,63	1,0	24,54	12,17	1,0	25,23	12,51	1,0	24,76	12,28
4	23-Abr	11:00	24,0	1,0	22,58	11,18	1,0	24,07	11,91	1,0	23,61	11,69	1,0	24,08	11,92	1,0	21,87	10,83
5	23-Abr	14:00	27,0	1,0	22,11	10,92	1,0	22,99	11,36	1,0	22,79	11,26	1,0	24,38	12,04	1,0	22,67	11,20
6	24-Abr	10:00	47,0	1,0	22,41	11,05	1,0	23,62	11,64	1,0	23,36	11,52	1,0	24,53	12,09	1,0	23,88	11,77
7	24-Abr	15:00	52,0	1,0	21,21	10,44	1,0	22,82	11,23	1,0	22,36	11,00	1,0	23,66	11,64	1,0	21,75	10,70
8	26-Abr	11:00	96,0	1,0	22,50	11,05	1,0	26,62	13,07	1,0	24,32	11,94	1,0	25,57	12,55	1,0	22,87	11,23
9	27-Abr	10:00	119,0	1,0	21,56	10,56	1,0	23,99	11,76	1,0	23,07	11,30	1,0	25,72	12,60	1,0	24,09	11,80
10	28-Abr	11:00	144,0	1,0	21,98	10,75	1,0	24,20	11,83	1,0	22,72	11,11	1,0	25,78	12,61	1,0	22,72	11,11
11	28-Abr	18:00	151,0	1,0	22,79	11,12	1,0	24,17	11,79	1,0	23,41	11,42	1,0	24,92	12,16	1,0	23,14	11,29
12	29-Abr	15:00	172,0	1,0	22,81	11,11	1,0	24,14	11,76	1,0	22,95	11,18	1,0	26,01	12,67	1,0	22,97	11,19
13	29-Abr	17:00	174,0				1,0	23,30	11,32	1,0	21,58	10,49						
14	30-Abr	14:00	195,0				1,0	23,53	11,41	1,0	21,05	10,21						
15	04-Mai	11:00	288,0	1,0	21,98	10,68	1,0	23,55	11,40	1,0	21,11	10,22	1,00	24,67	11,99	1,0	22,87	11,11
16	04-Mai	16:00	293,0				1,0	24,13	11,65	1,0	19,73	9,53						
17	05-Mai	11:00	312,0				1,0	24,02	11,58	1,0	19,62	9,46						
18	07-Mai	10:00	359,0				1,0	23,39	11,25	1,0	19,59	9,42						
19	07-Mai	17:30	366,5				1,0	23,84	11,44	1,0	20,06	9,63						
20	08-Mai	13:00	386,0				1,0	22,76	10,90	1,0	17,17	8,22						

21	11-Mai	15:00	460,0	1,0	22,51	10,92	1,0	23,55	11,26	1,0	17,41	8,32	1,00	26,28	12,75	1,0	22,49	10,91
22	12-Mai	15:00	484,0				1,0	22,90	10,92	1,0	15,33	7,31						
23	14-Mai	15:00	532,0				1,0	22,92	10,91	1,0	12,92	6,15						
24	15-Mai	11:00	552,0				1,0	23,06	10,95	1,0	12,59	5,98						
25	16-Mai	17:00	582,0				1,0	23,58	11,18	1,0	11,81	5,60						
26	18-Mai	15:00	628,0				1,0	23,36	11,05	1,0	9,82	4,64						
27	19-Mai	12:00	649,0				1,0	22,54	10,64	1,0	7,95	3,75						
28	20-Mai	11:30	672,5							1,0	7,57	3,57						
29	20-Mai	14:30	675,5							1,0	7,31	3,44						
30	20-Mai	16:00	677,0							1,0	5,32	2,50						
31	20-Mai	18:00	679,0							1,0	7,23	3,38						
32	21-Mai	11:00	695,0							1,0	5,43	2,54						
33	22-Mai	11:00	719,0							1,0	4,33	2,02						
34	25-Mai	11:00	791,0							1,0	3,31	1,54						
35	26-Mai	12:00	816,0							1,0	2,33	1,08						
36	27-Mai	12:00	840,0							1,0	1,57	0,73						
37	28-Mai	11:00	863,0							1,0	2,18	1,01						

Tabela 8 – Resultados das Concentrações de Cr (VI) nos diferentes ensaios

Os ensaios 1, 2 e 4 permitiram averiguar a influência da superfície específica das esferas de ferro na concentração de Cr (VI). Verificou-se que a solução que mais diminuiu a sua concentração foi a do ensaio 1 que continha esferas de calibre 0,30 – 0,60mm. Seguiu-se a solução 2 com esferas de calibre 0,80 – 1,20mm e os resultados menos favoráveis na remoção do Cr (VI) foram obtidos com as esferas de calibre 1,50 – 2,20mm. Dado que a massa de ferro utilizada foi aproximadamente igual nos três ensaios, verifica-se que grânulos de ferro de menor calibre possuem maior área superficial disponível para a ocorrência da reacção.

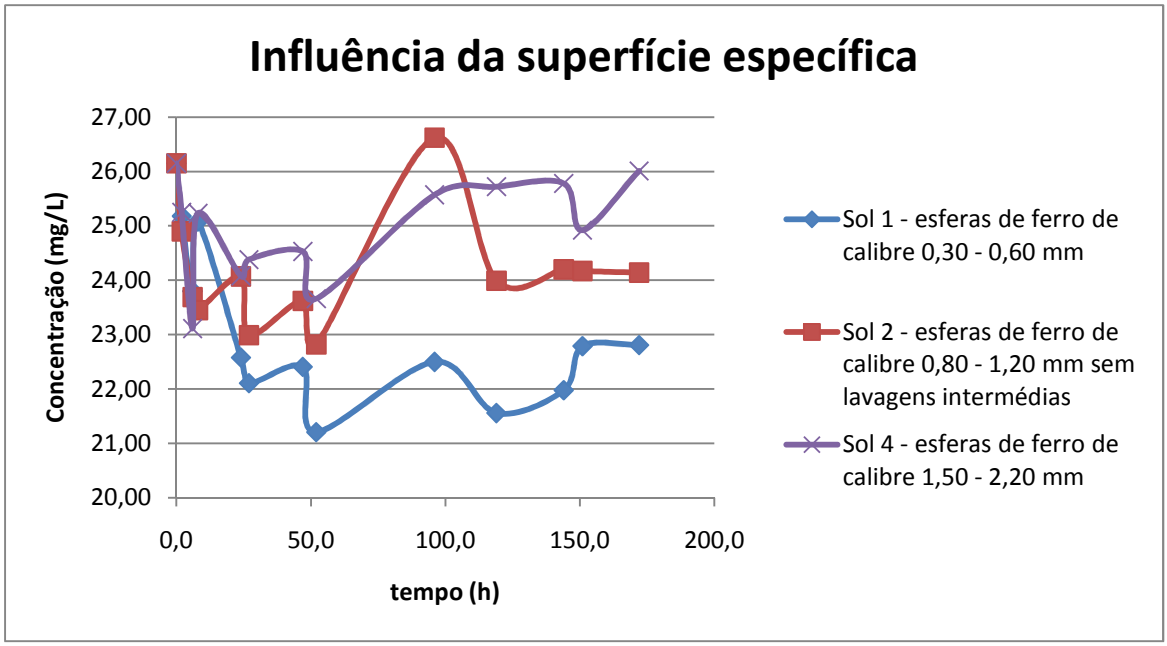


Figura 31 – Influência da superfície específica na concentração de Cr (VI) em solução

A realização de lavagens intermédias das esferas de ferro de calibre 0,80 – 1,20mm produziu resultados excelentes na redução do Cr (VI). A ausência deste tratamento nas esferas do mesmo calibre no ensaio 2 conduziu à paralisação da reacção. Tal facto ficou a dever-se à acumulação de produtos da reacção que não foram transportados para o seio da solução ou constituintes dos grânulos de ferro que não reagiram por completo na sua superfície.

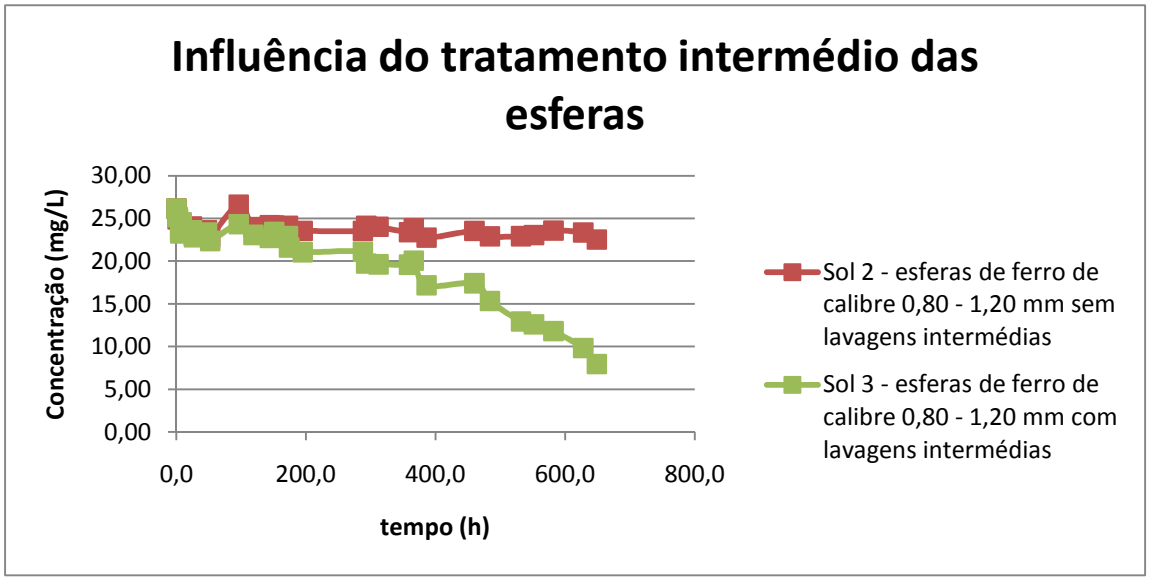


Figura 32 – Influência do tratamento intermédio das esferas na concentração de Cr (VI) em solução

No estudo da influência da pureza do ferro foram comparados os ensaios 4 e 5. O ensaio 4 continha esferas de calibre 1,50 – 2,20mm e o ensaio 5 partículas de ferro de elevada pureza. Em termos de dimensão das partículas são os ensaios que mais se assemelham. A comparação dos resultados obtidos verifica que o ferro puro é mais eficaz na remoção do Cr (VI) da solução que a esfera de ferro impuro de dimensão aproximada. A sua eficácia é comparada à das esferas de calibre 0,30 – 0,60mm.

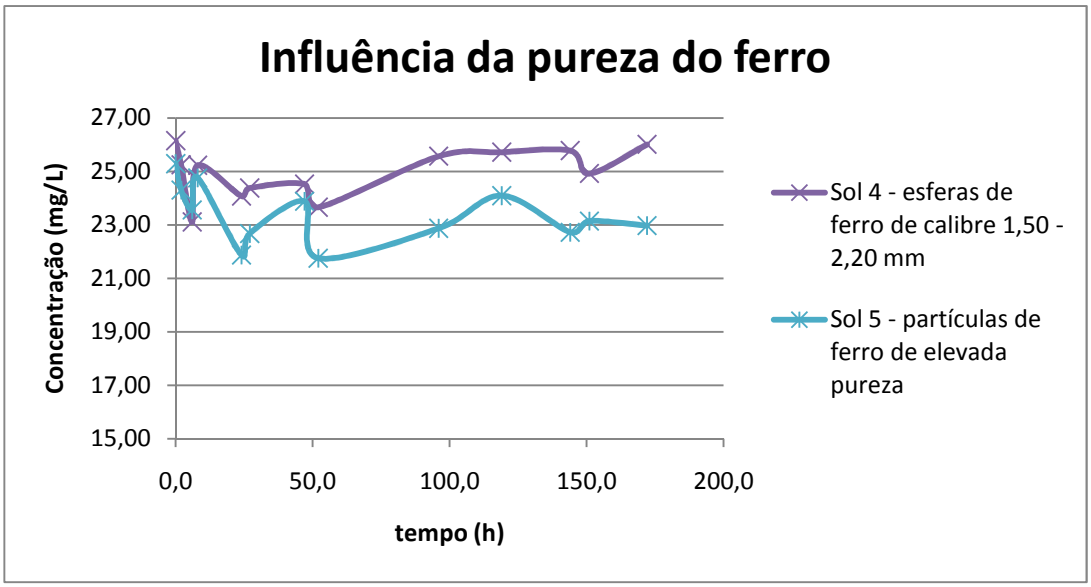


Figura 33 – Influência da pureza do ferro na concentração de Cr (VI) em solução

A comparação da evolução das concentrações nos cinco ensaios, possível para as 172h após inicio da reacção, verifica que a solução que continha esferas de calibre 1,50 – 2,20mm foi a que apresentou rendimento mais baixo na remoção deste elemento, ao qual se seguiu a solução com esferas de calibre 0,80 – 1,20mm sem lavagens intermédias. Os resultados registados no último instante da reacção verificam sobreposição para os ensaios 1, 3 e 5. Contudo houve um valor ligeiramente mais baixo na concentração do Cr (VI) obtido para o ensaio 1, quando passava cerca de 125h após a reacção ter tido início. Os resultados dos ensaios 3 (neste período de tempo ainda só tinha sofrido uma lavagem intermédia) e 5 entrecruzam-se e acompanham-se, não se podendo atribuir maior mérito a um ou a outro na remoção do Cr (VI).

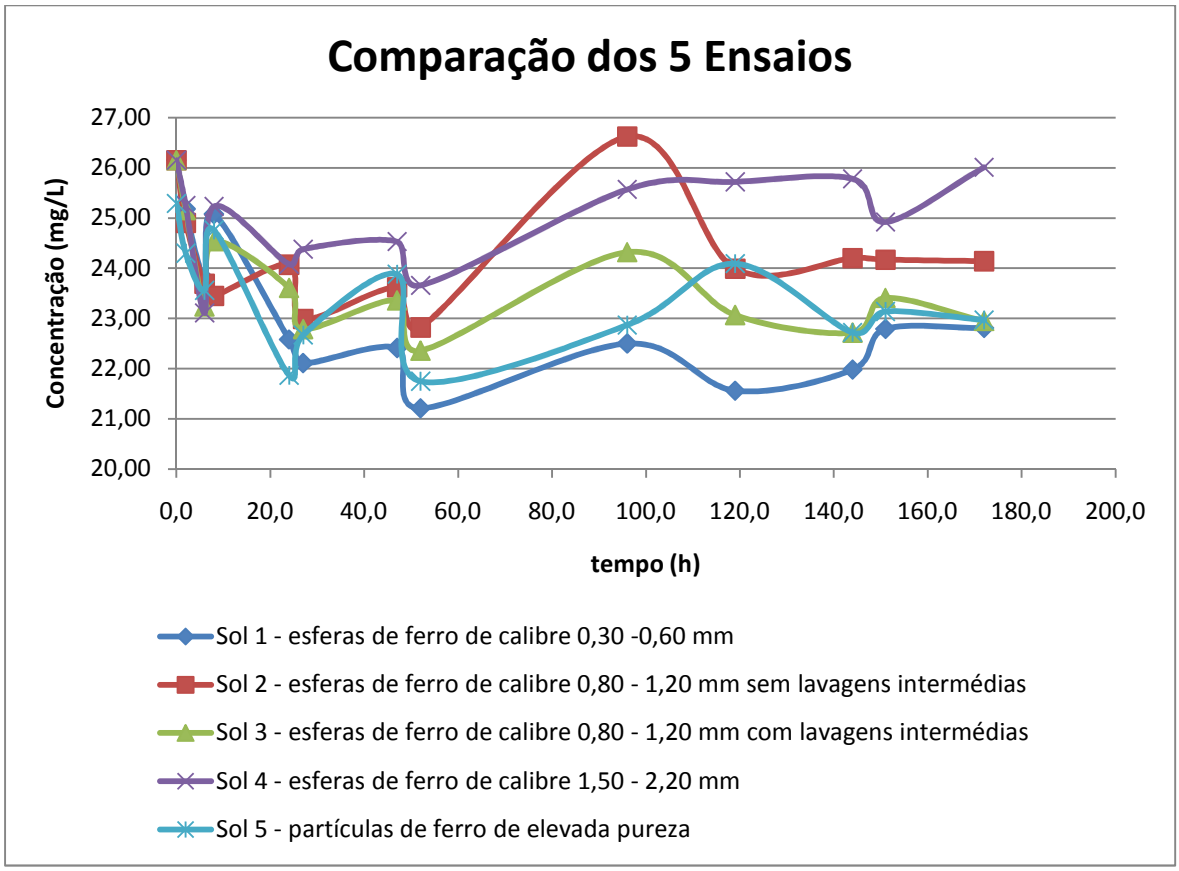


Figura 34 – Comparação dos cinco ensaios – evolução da concentração de Cr (VI) em solução

4.2 DIÂMETROS DAS ESFERAS DE FERRO ELEMENTAR

Para averiguar se os resultados dos diâmetros das esferas de Ferro seguiam uma distribuição lognormal foram efectuados testes de Kolmogorov-Smirnov. Apresenta-se como exemplo a aplicação à medição dos calibres efectuada em fotografias tiradas ao copo 1, no dia 0. O teste de Kolmogorov-Smirnov é um teste de qualidade de ajuste. Faz a comparação entre as funções de repartição (distribuição cumulativa) verificada na amostra e a correspondente repartição teórica. Determina o ponto em que as duas distribuições apresentam maior divergência. O desvio máximo é o maior valor absoluto da diferença entre as distribuições observada e teórica (Fiúza A. , 2003). Para um nível de significação escolhido α=0,05, o desvio máximo é 0,0452, o que conduz a aceitar a normalidade da distribuição dos logaritmos do calibre. É elaborado o gráfico das frequências cumulativas observadas e esperadas.

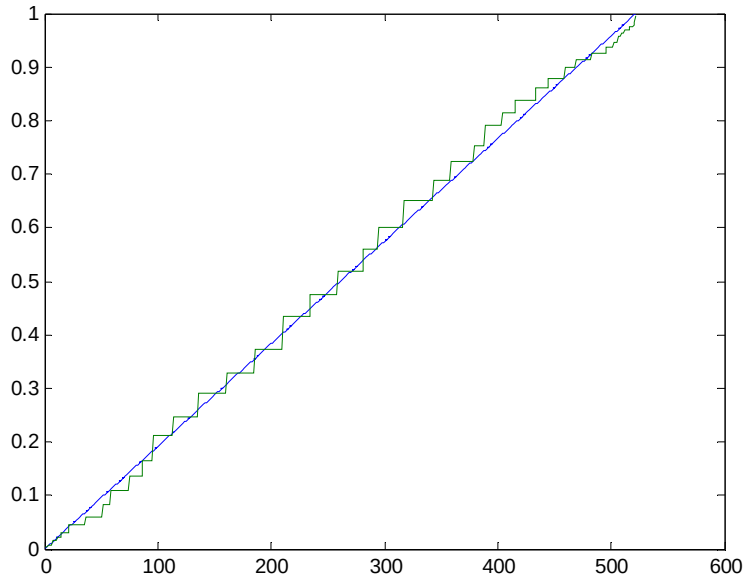


Figura 35- Funções de repartição da lei log-normal ajustada e dos valores medidos

O tratamento dos diâmetros das esferas de ferro obtidos por ensaio e dia elaborado em programação Matlab originou os seguintes gráficos:

- Histograma dos calibres onde se ilustra a distribuição destes por classes;
- Função de distribuição log-normal ajustada, com parâmetros calculados a partir dos calibres medidos:
- Função de repartição log-normal ajustada que representa a distribuição acumulada, com os parâmetros calculados anteriormente;

- Ajuste à lei log-normal dos calibres medidos, representando-se simultaneamente em coordenadas logarítmicas versus probabilística a lei log-normal de parâmetros estimados anteriormente, representada por uma recta neste sistema de coordenadas, e a distribuição cumulativa dos calibres medidos.

Admitindo uma distribuição log-normal dos calibres, o que foi testado por testes de Kolmogorov-Smirnov, admitindo duas caudas, a um nível de confiança de 95%, calcularam-se também os parâmetros estatísticos considerados essenciais: média, mediana, moda, variância, assimetria, curtose e entropia. Estes parâmetros foram estimados a partir da média e do desvio padrão do logaritmo dos calibres (Anexo F). A média, a mediana e a moda são parâmetros de localização central, sendo a mediana o mais relevante para a distribuição log-normal. A variância representa a dispersão dos valores em torno da média. A assimetria traduz a medida do grau de simetria da distribuição de frequências em torno da média. Os valores positivos ou negativos indicam a existência de cauda à direita ou à esquerda respectivamente na distribuição. A curtose é a medida do grau de achatamento de uma distribuição em relação à distribuição normal (Yamamoto, J;Avaliação e Classificação de Reservas Naturais). A entropia de um sistema é a medida da sua desordem; a desordem está relacionada com o número de estados do sistema.

A evolução temporal da granulometria das esferas de um mesmo ensaio é analisada através da sobreposição das curvas de distribuição granulométrica obtidas nos diferentes dias utilizando:

- A função distribuição log-normal ajustada;
- A função repartição log-normal ajustada;

4.2.1 COPO 1 – ESFERAS DE FERRO DE GRANOLUMETRIA 0,30 - 0,60MM

O tratamento das fotografias das esferas de calibre 0,30 – 0,60mm e os respectivos resultados está incluído no Anexo D.1.

4.2.1.1 Dia 0 (21-Abril-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,30 -0,60 mm antes de estas contactarem com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres por classes evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres situados entre 0,40 e 0,60mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor ligeiramente inferior a 0,5mm;
- A função de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,30 e 0,80mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se bem à lei lognormal;

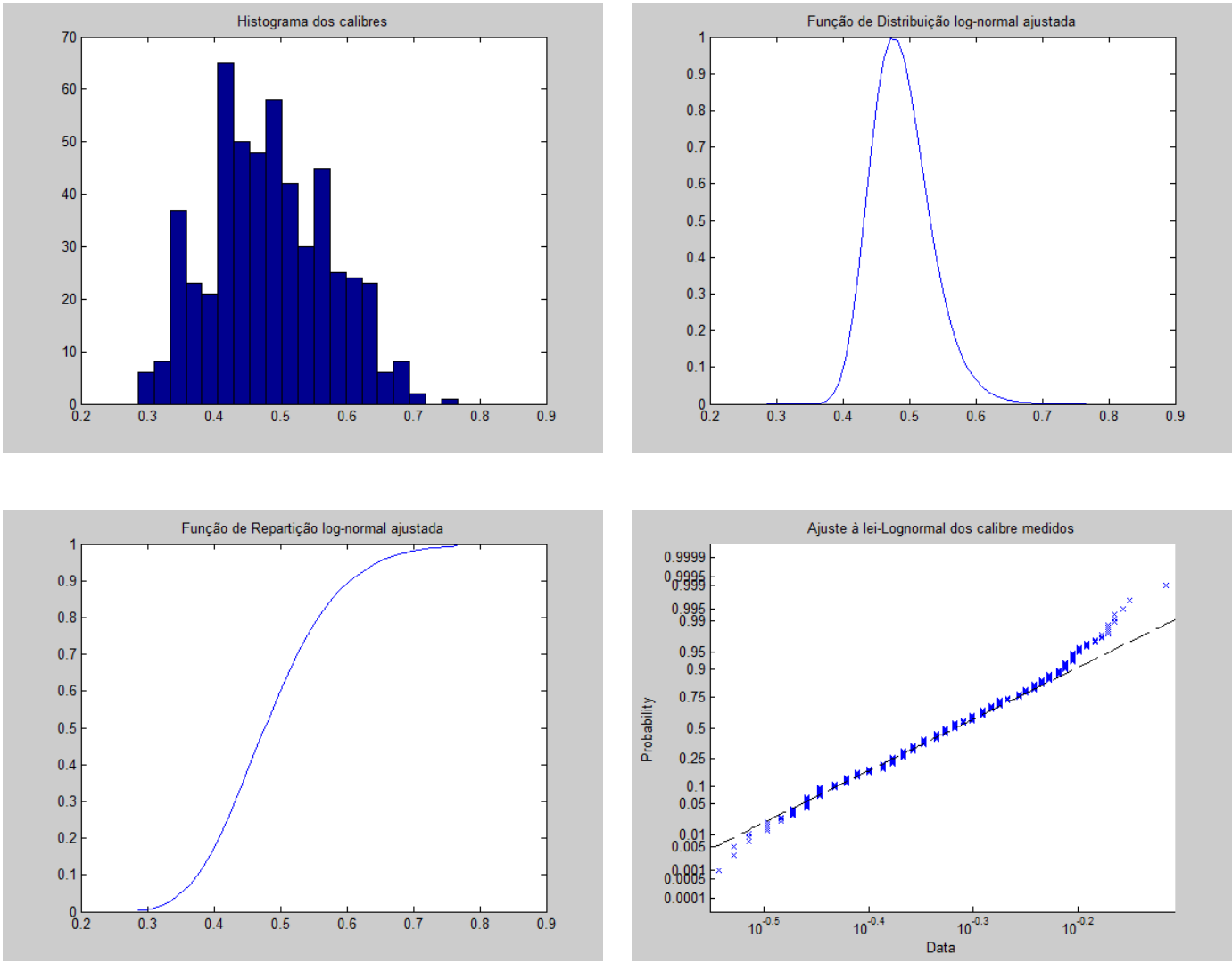


Figura 36 – Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,30 – 0,60mm do Copo 1 antes de contactarem com a solução de Cr (VI)

4.2.1.2 Dia 3 (24-Abril-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,30 -0,60 mm após 3 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres por classes evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres nas classes 0,43 a 0,47mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor ligeiramente inferior a 0,45mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,25 e 0,75mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se bem à lei lognormal;

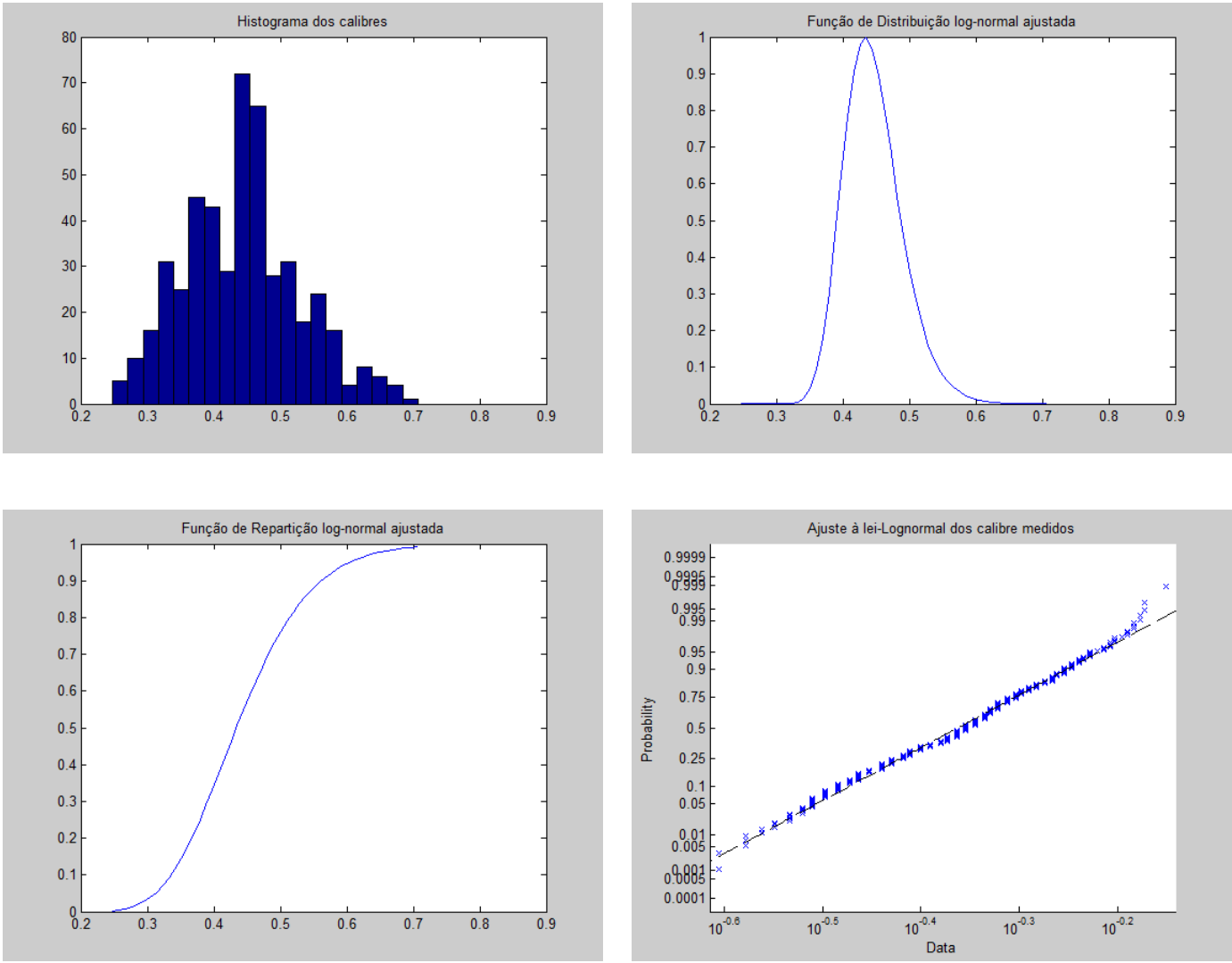


Figura 37 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,30 – 0,60mm do Copo 1 após 3 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

4.2.1.3 Dia 6 (27-Abril-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,30 - 0,60mm após 6 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres por classes evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres na classe 0,40 e 0,47mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor ligeiramente inferior a 0,45mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,25 e 0,70mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se bem à lei lognormal;

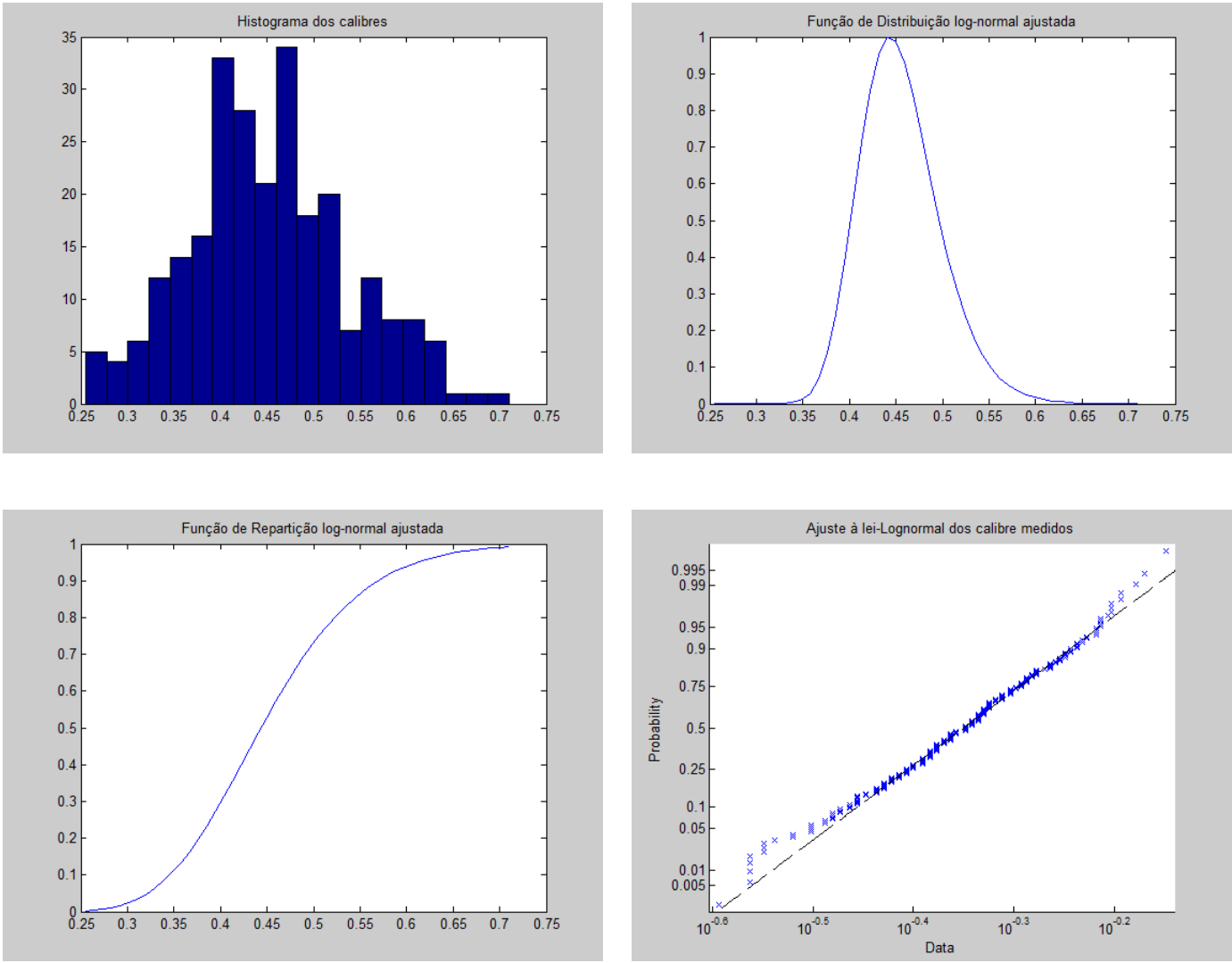


Figura 38 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,30 – 0,60mm do Copo 1 após 6 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

4.2.1.4 Dia 8 (29-Abril-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,30 - 0,60mm após 8 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres por classes evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres na classe 0,41 - 0,43mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor ligeiramente inferior a 0,45mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,20 e 0,70mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se bem à lei lognormal;

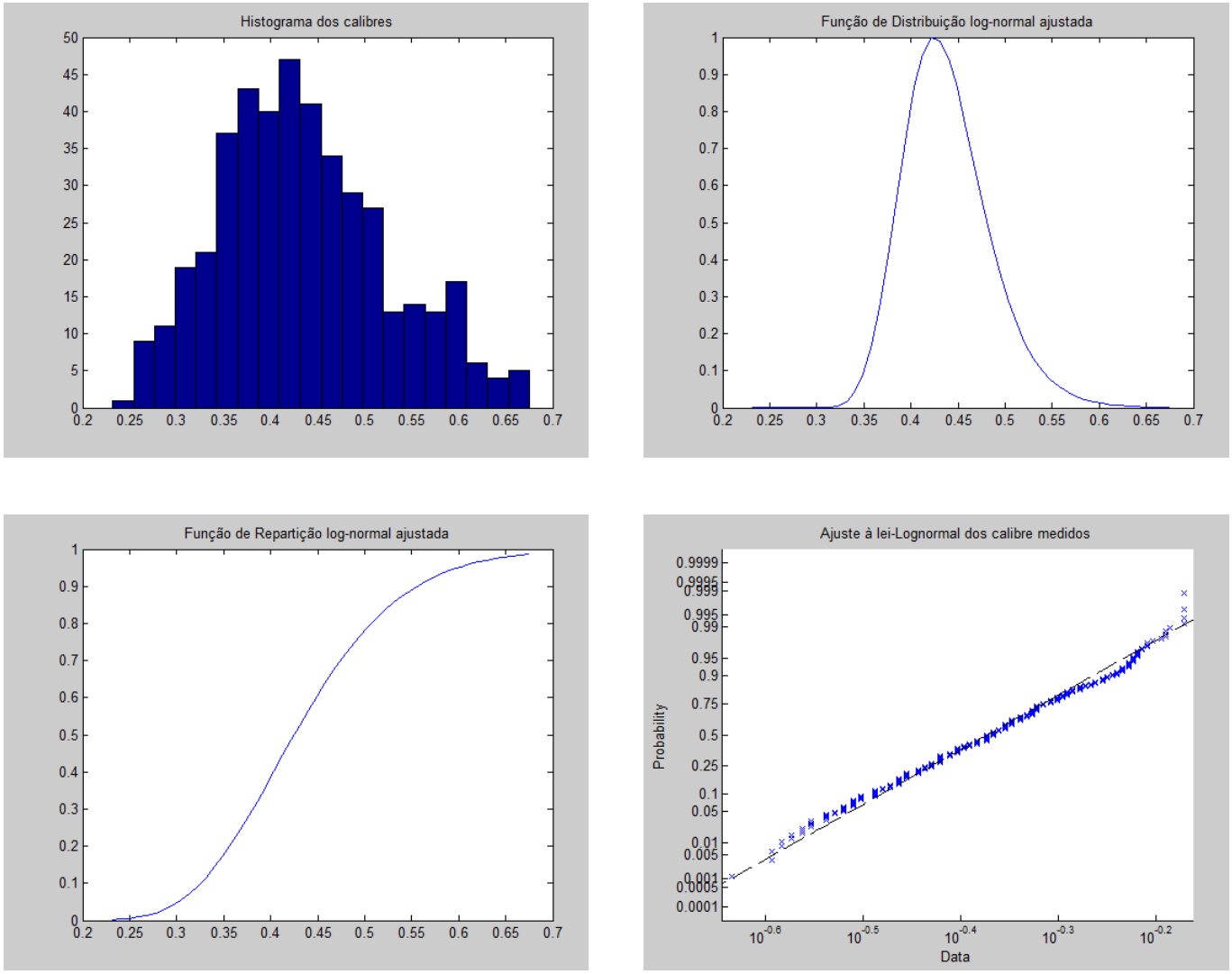


Figura 39 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,30 – 0,60mm do Copo 1 após 8 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

4.2.1.5 Dia 20 (11-Maio-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,30 - 0,60mm após 20 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres por classes evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres na classe 0,40 e 0,47mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor ligeiramente inferior a 0,45mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,20 e 0,75mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se razoavelmente à lei lognormal;

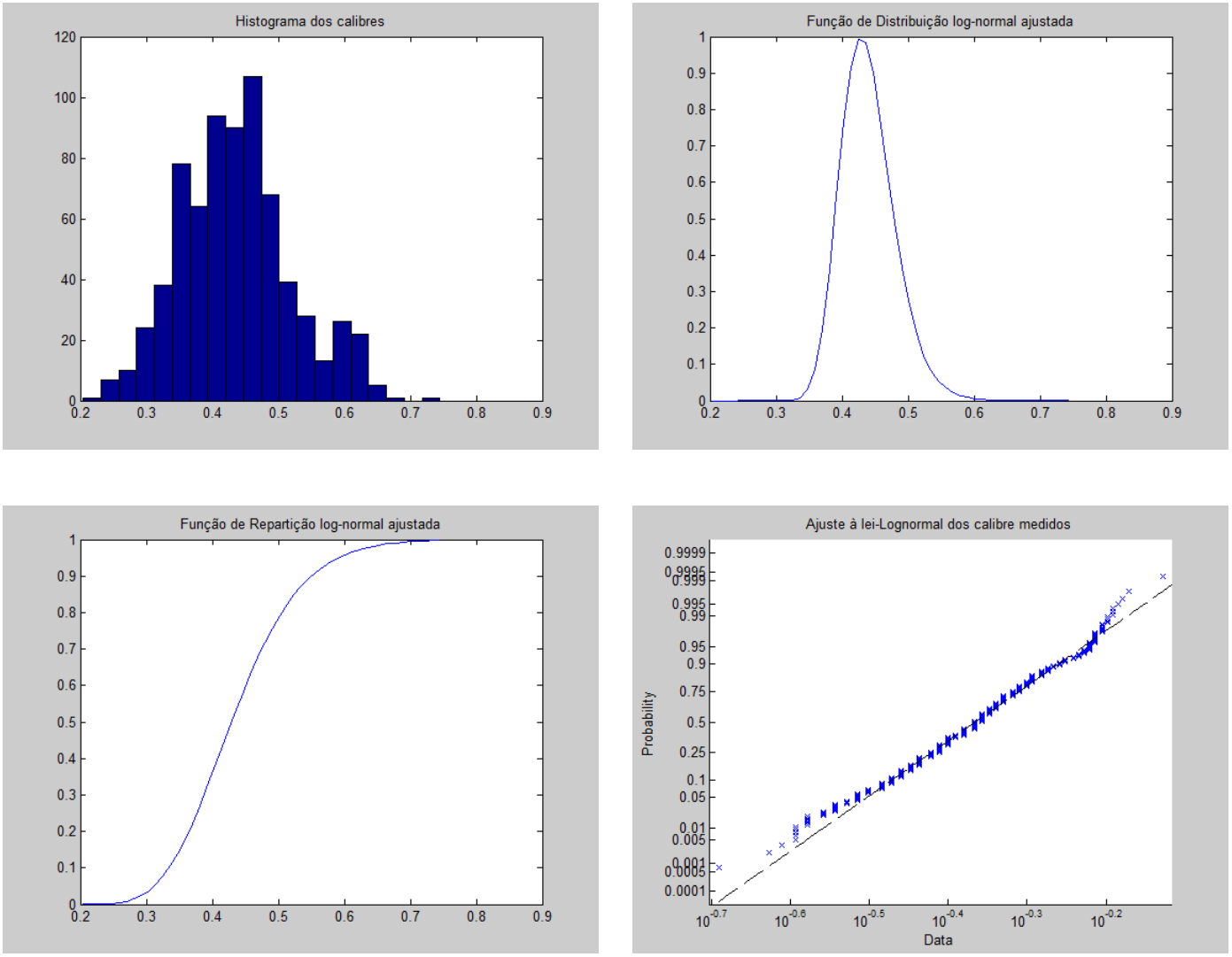


Figura 40 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,30 – 0,60mm do Copo 1 após 20 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

	Dia 0	Dia 3	Dia 6	Dia 8	Dia 20
μ_{log}	-0,7410	-0,8347	-0,8127	-0,8556	-0,8463
σ_{log}	0,1862	0,2006	0,1949	0,2089	0,1943
Média	0,4850	0,4428	0,4522	0,4344	0,4372
Mediana	0,4766	0,4340	0,4437	0,4250	0,4290
Moda	0,4604	0,4169	0,4271	0,4069	0,4131
Variância	0,0896	0,0751	0,0781	0,0725	0,0730
Assimetria	4,7208	4,7604	4,7444	4,7849	4,7427
Curtose	0,5832	0,6824	0,6421	0,7440	0,6380
Entropia	-0,0760	0,0129	-0,0216	0,0619	-0,0253

Tabela 9 – Resultados Estatísticos dos calibres medidos no decurso da reacção para o Copo 1 – esferas de ferro calibre 0,30 – 0,60 mm

A evolução da média, mediana e moda dos calibres mostrou uma flutuação nos valores dos calibres. Inicialmente assistiu-se a um decréscimo de 0,04mm no diâmetro médio até ao dia 3. No dia 6 houve um aumento de 0,01 mm na média dos diâmetros. Tal fenómeno ficou a dever-se à formação de produtos da reacção e constituintes das esferas parcialmente reagidos que se encontravam à superfície, conferindo-lhe um ligeiro aumento do diâmetro. A variância dos resultados evidencia que a sua dispersão comportou uma diminuição mais acentuada até ao dia 3. Depois manteve-se praticamente estável. Pode afirmar-se que a reacção produz um efeito de homogeneização da dimensão das esferas. A assimetria positiva denuncia a cauda à direita, ou seja, os calibres superiores são os que ocorrem em frequências mais baixas. O modo como evolui no decurso do ensaio não revela um comportamento preferencial na destruição das esferas de calibres superiores. A análise da curtose verificou que o calibre das esferas evoluiu afastando-se ligeiramente do valor médio. O estudo da entropia no decorrer da reacção revela que antes do inicio desta as esferas apresentavam o valor máximo de ordem. Com a reacção, foi introduzida desordem no sistema. A entropia oscilou entre valores positivos e negativos, porém valores muito próximos de zero verificando variações subtis no estado do sistema.

4.2.1.6 Evolução temporal da granulometria das esferas

A sobreposição dos resultados revela uma deslocação da curva de distribuição deslocada para a esquerda ao longo do ensaio.

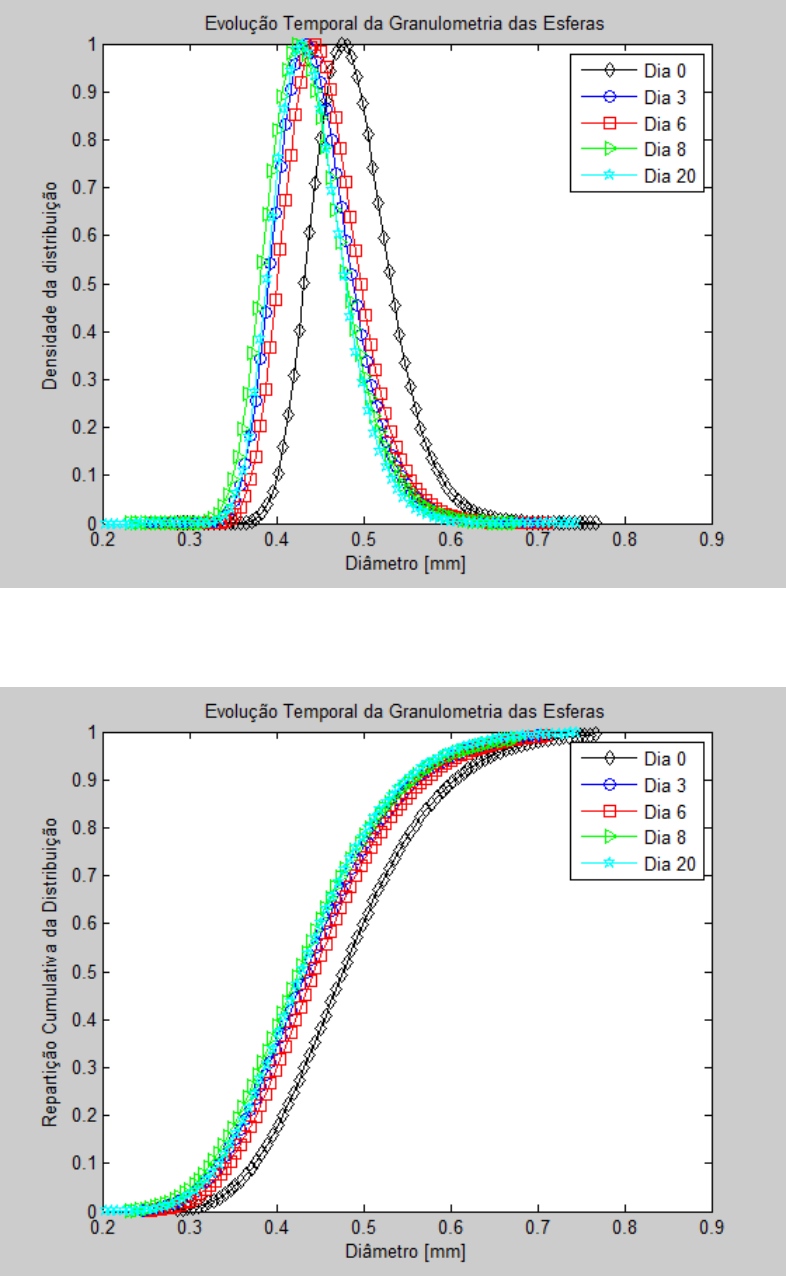
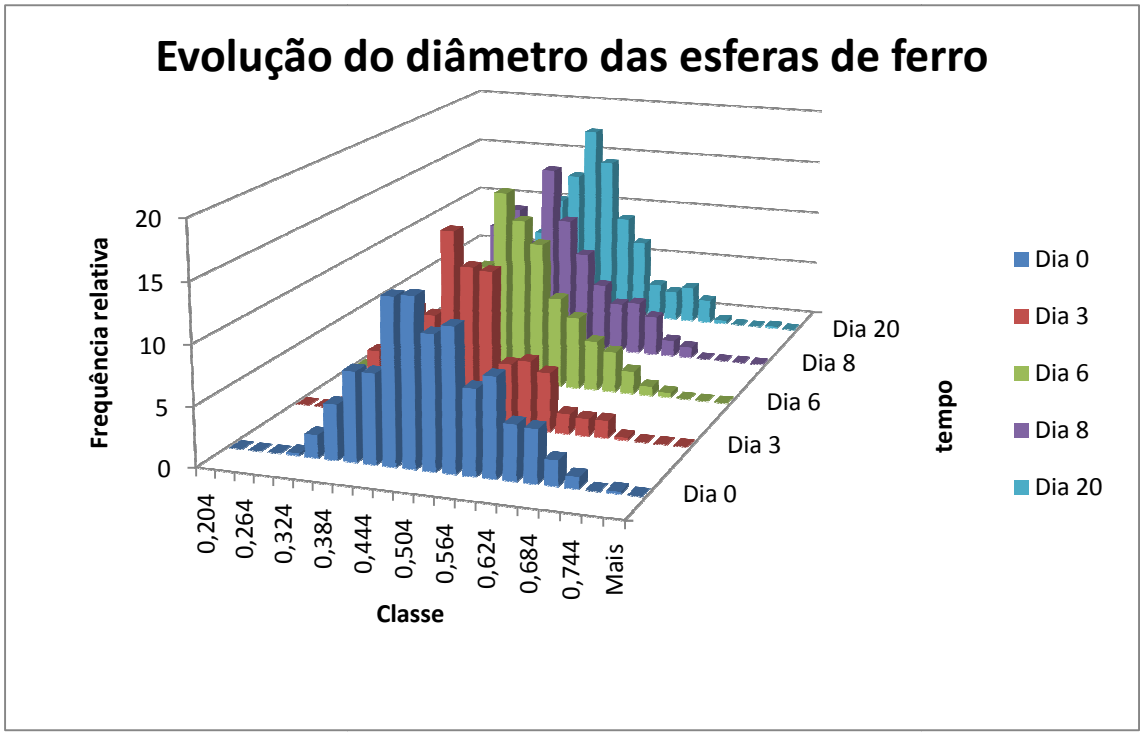


Figura 41 – Evolução temporal da granulometria das esferas de Ferro de calibre 0,30 – 0,60mm no Copo 1 (curvas de distribuição e repartição)

Nos gráficos seguintes é visível em duas perspectivas distintas a evolução do diâmetro das esferas no decorrer da experiência.



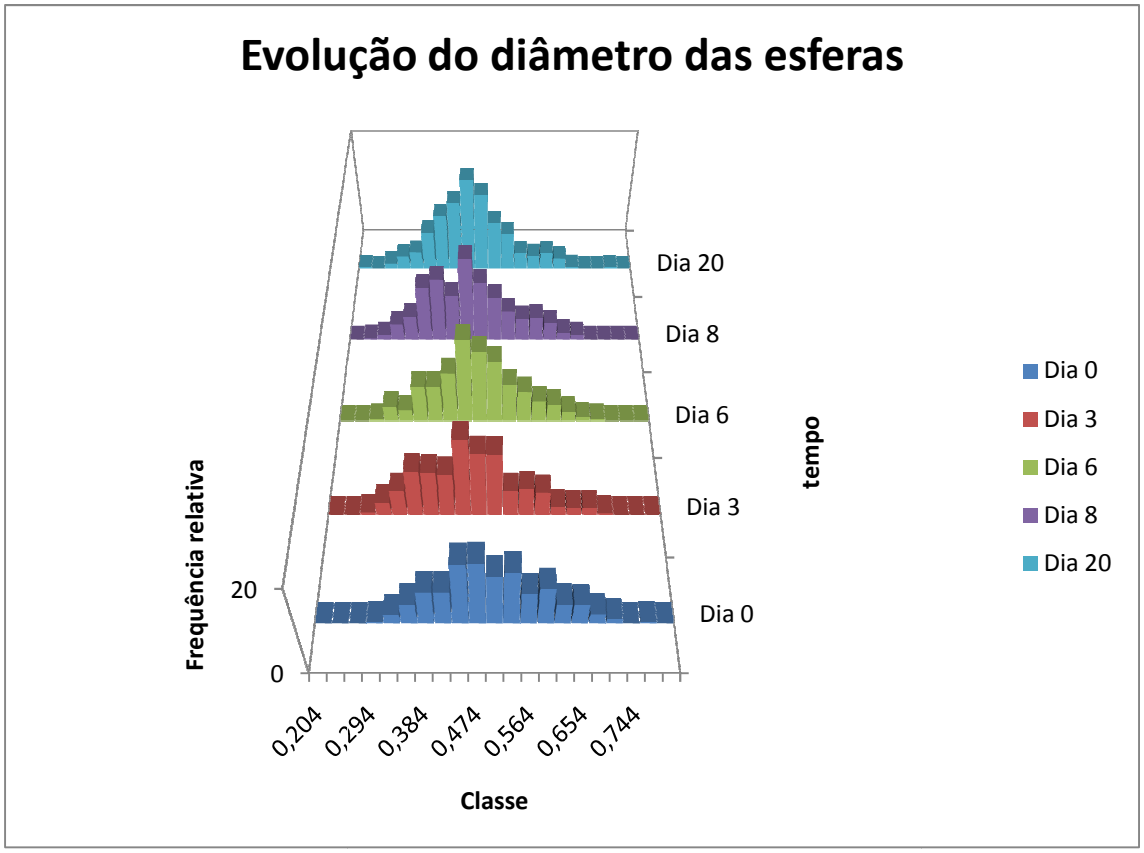


Figura 42 – Evolução do diâmetro das esferas de Ferro de calibre 0,30 – 0,60mm no Copo 1 (histogramas)

4.2.2 COPO 2 – ESFERAS DE FERRO DE GRANOLUMETRIA 0,80 – 1,20MM SEM TRATAMENTO INTERMÉDIO

O tratamento das fotografias das esferas de calibre 0,80 – 1,20mm sem tratamento intermédio e os respectivos resultados está incluído no Anexo D.2.

4.2.2.1 Dia 0 (21-Abril-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm antes de estas contactarem com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres por classes evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres na classe 0,91 e 0,95mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor ligeiramente inferior a 0,95mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,75 e 1,15mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se razoavelmente à lei lognormal;

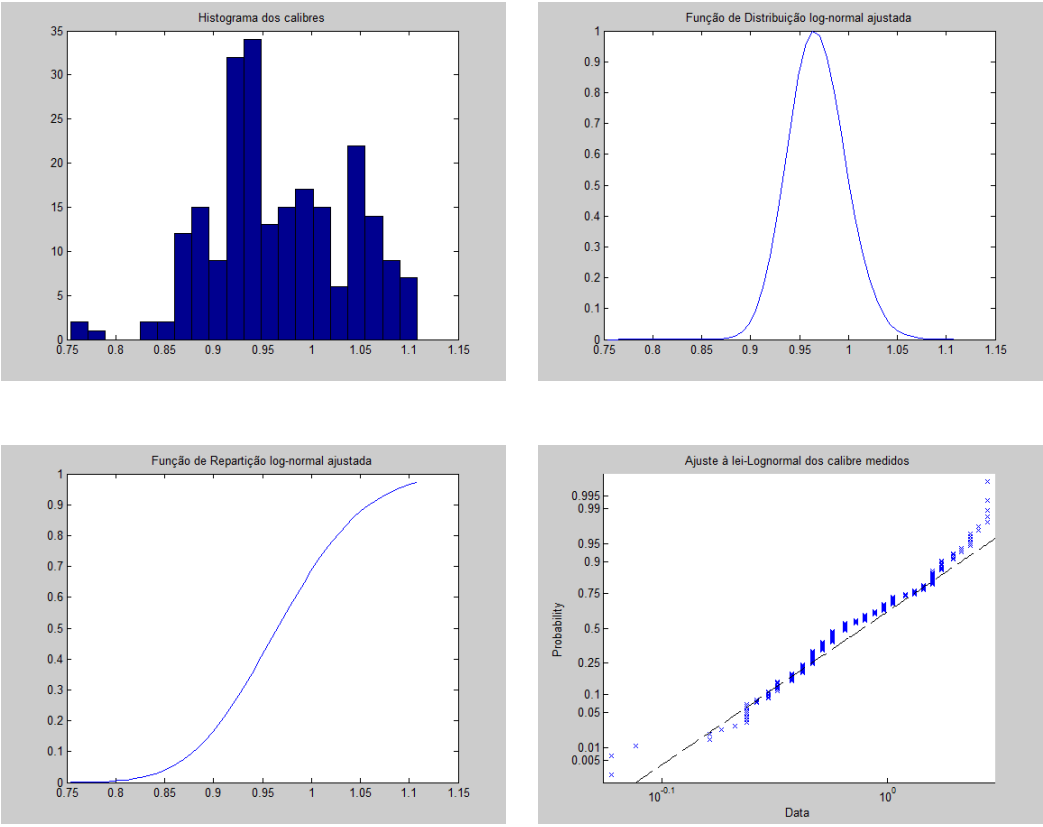


Figura 43 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm do Copo 2 antes de contactarem com a solução de Cr (VI)

4.2.2.2 Dia 3 (24- Abril -2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm após 3 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres por classes evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres na classe 0,91e 0,93mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor ligeiramente inferior a 0,95mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,77 e 1,15mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se bem à lei lognormal;

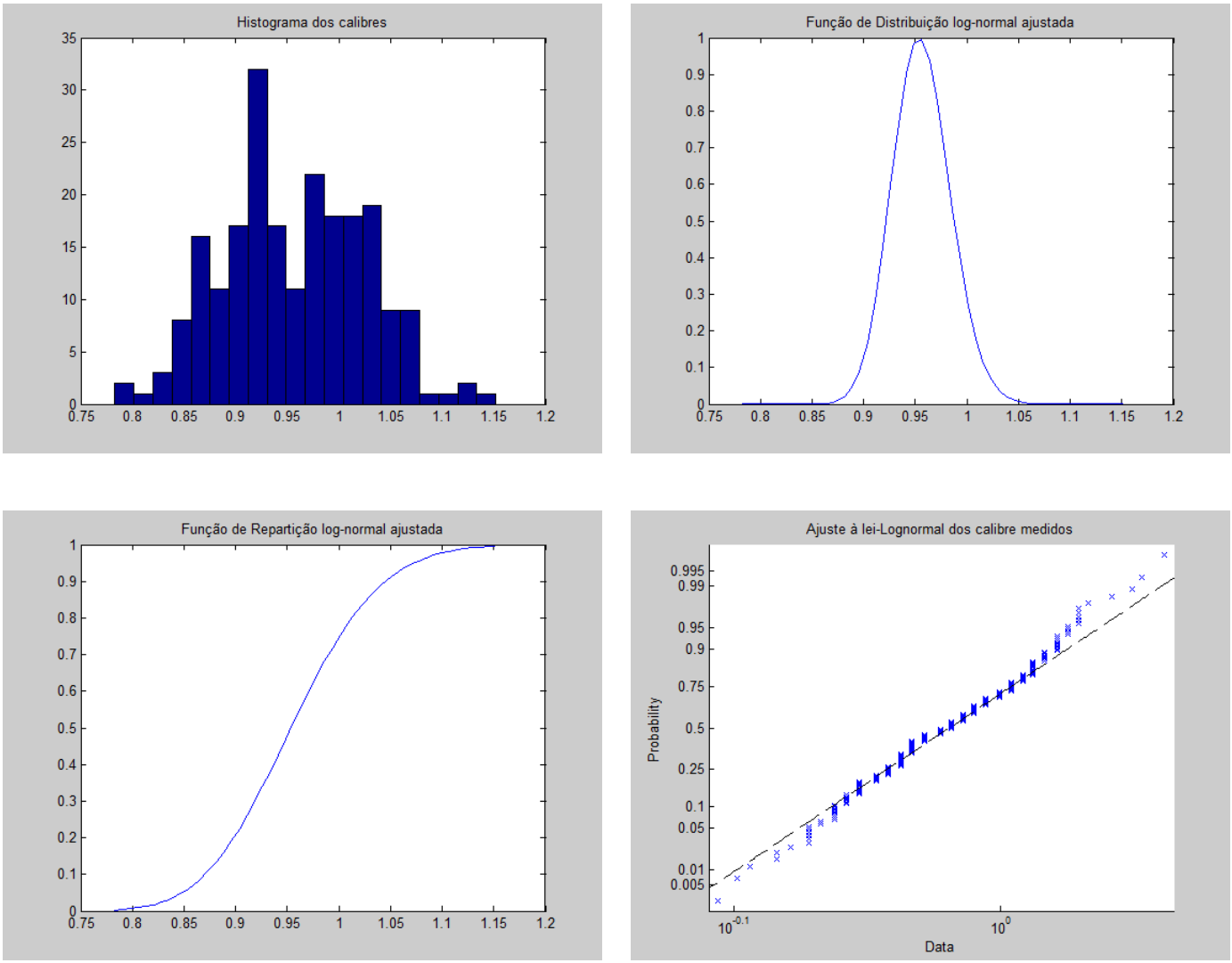


Figura 44 – Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm do Copo 2 após 3 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

4.2.2.3 Dia 6 (27- Abril -2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm após 6 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres na classe 0,91e 0,93mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor ligeiramente inferior a 0,95mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,80 e 1,10mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se razoavelmente à lei lognormal;

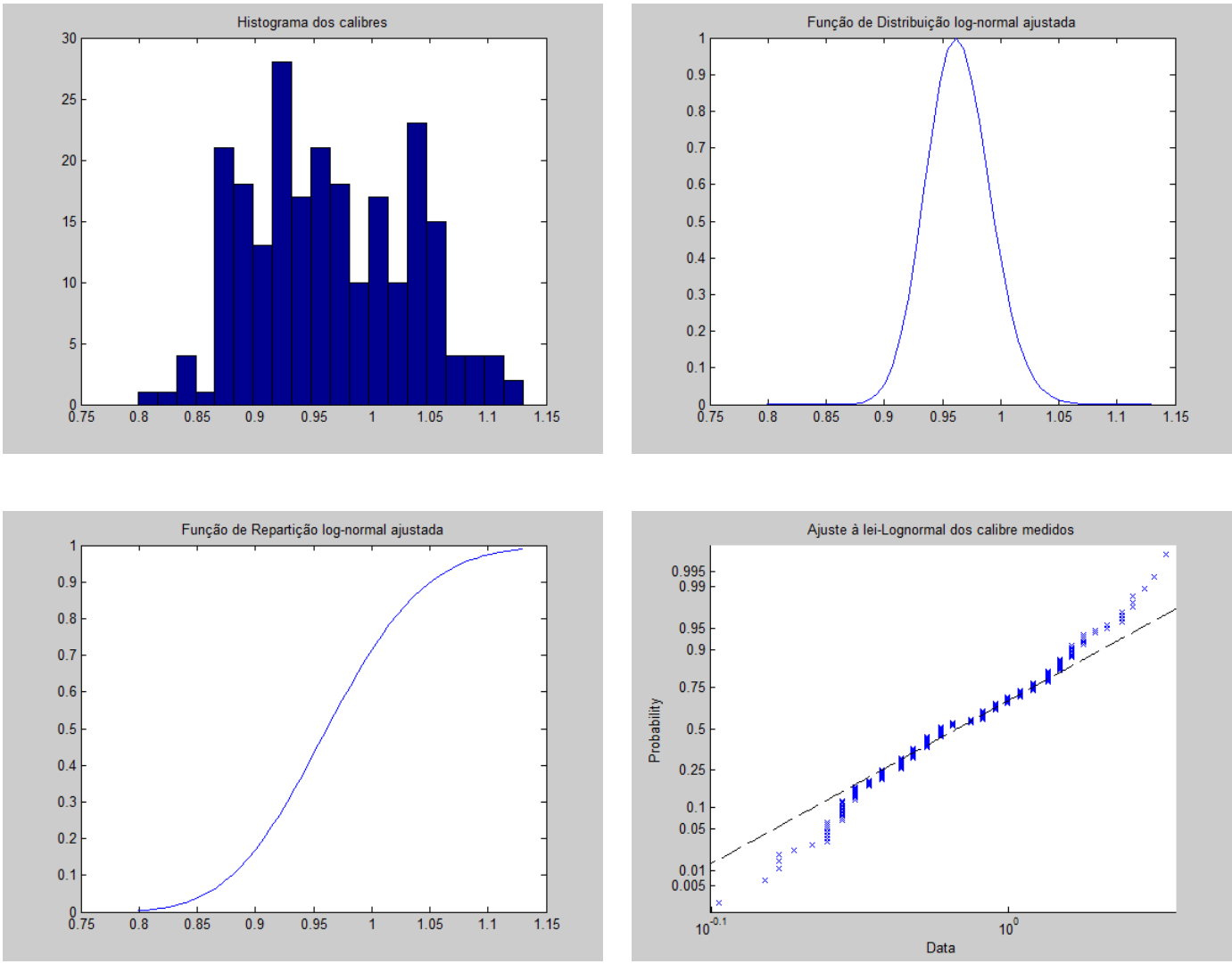


Figura 45 – Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm do Copo 2 após 6 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

4.2.2.4 Dia 8 (29- Abril -2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm após 8 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres na classe 0,87e 0,91mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor ligeiramente inferior a 0,95mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,75 e 1,10mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se razoavelmente à lei lognormal;

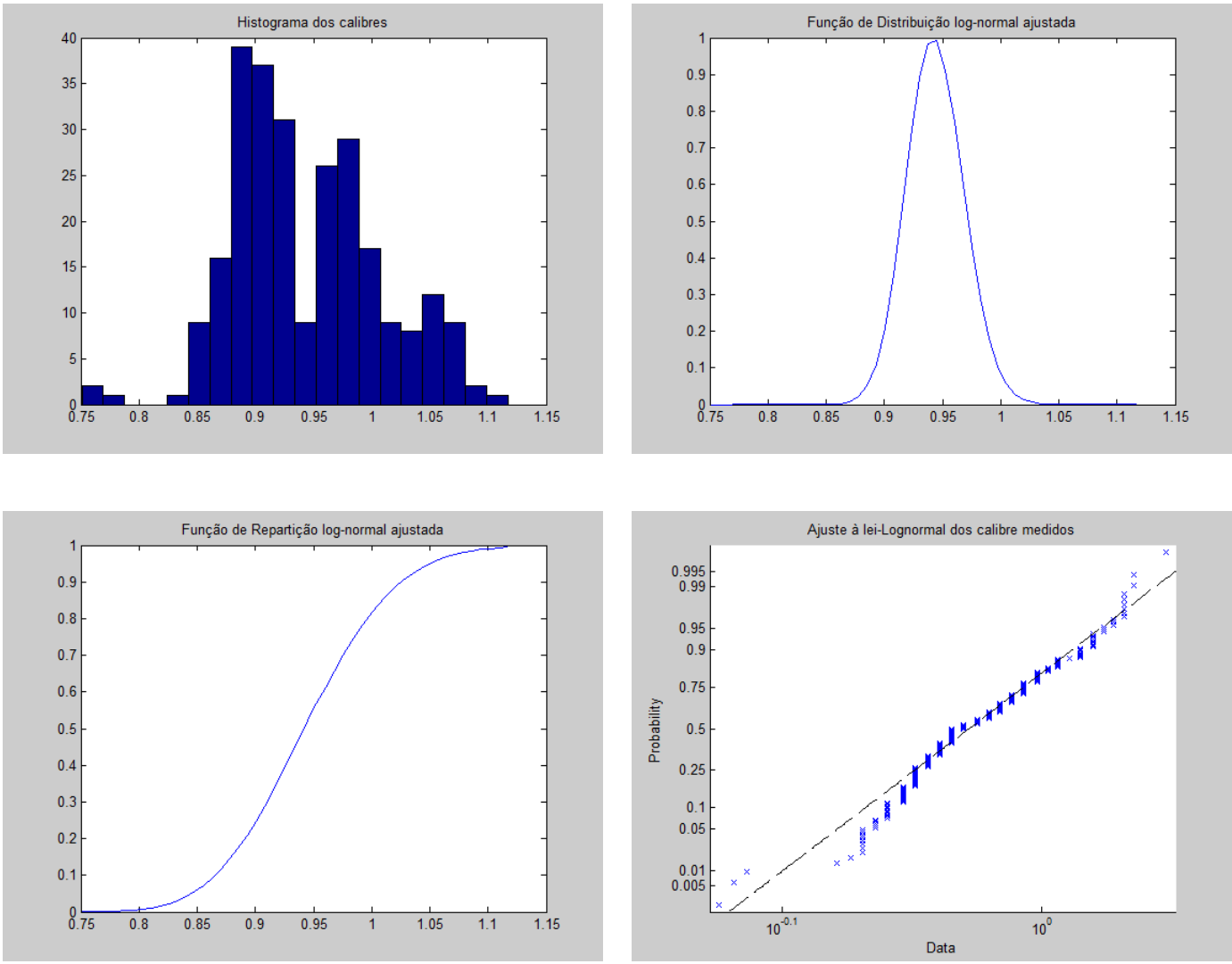


Figura 46 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm do Copo 2 após 8 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

4.2.2.5 Dia 14 (5-Maio-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm após 14 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres na classe 0,85e 0,97mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor ligeiramente inferior a 0,95mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,76 e 1,15mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se razoavelmente à lei lognormal;

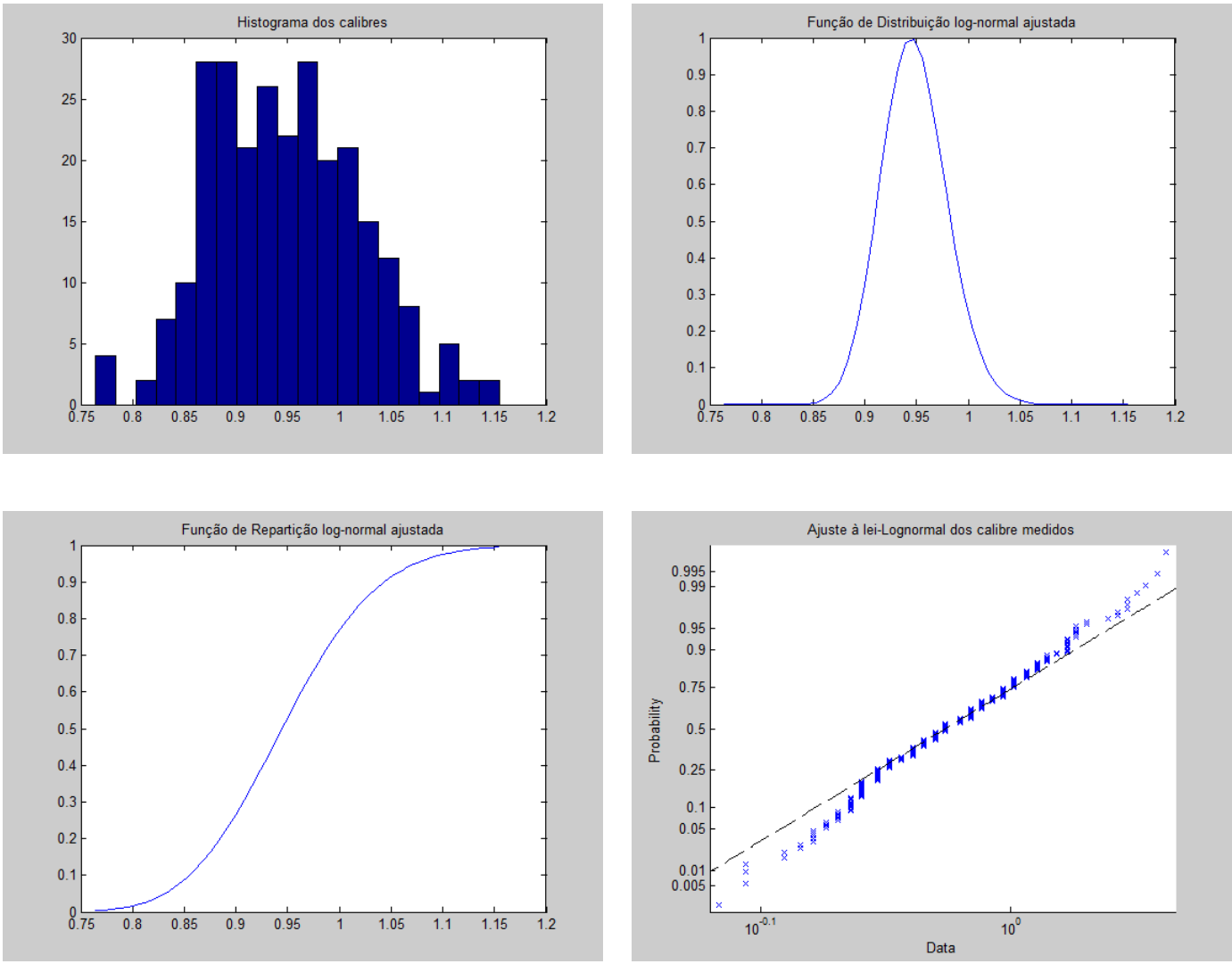


Figura 47 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm do Copo 2 após 14 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

4.2.2.6 Dia 17 (8-Maio-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm após 17 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres nas classes 0,91-0,93e 0,95-0,97mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um toma um valor próximo de 0,95mm;
- A curva de partição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,76 e 1,17mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se razoavelmente à lei lognormal;

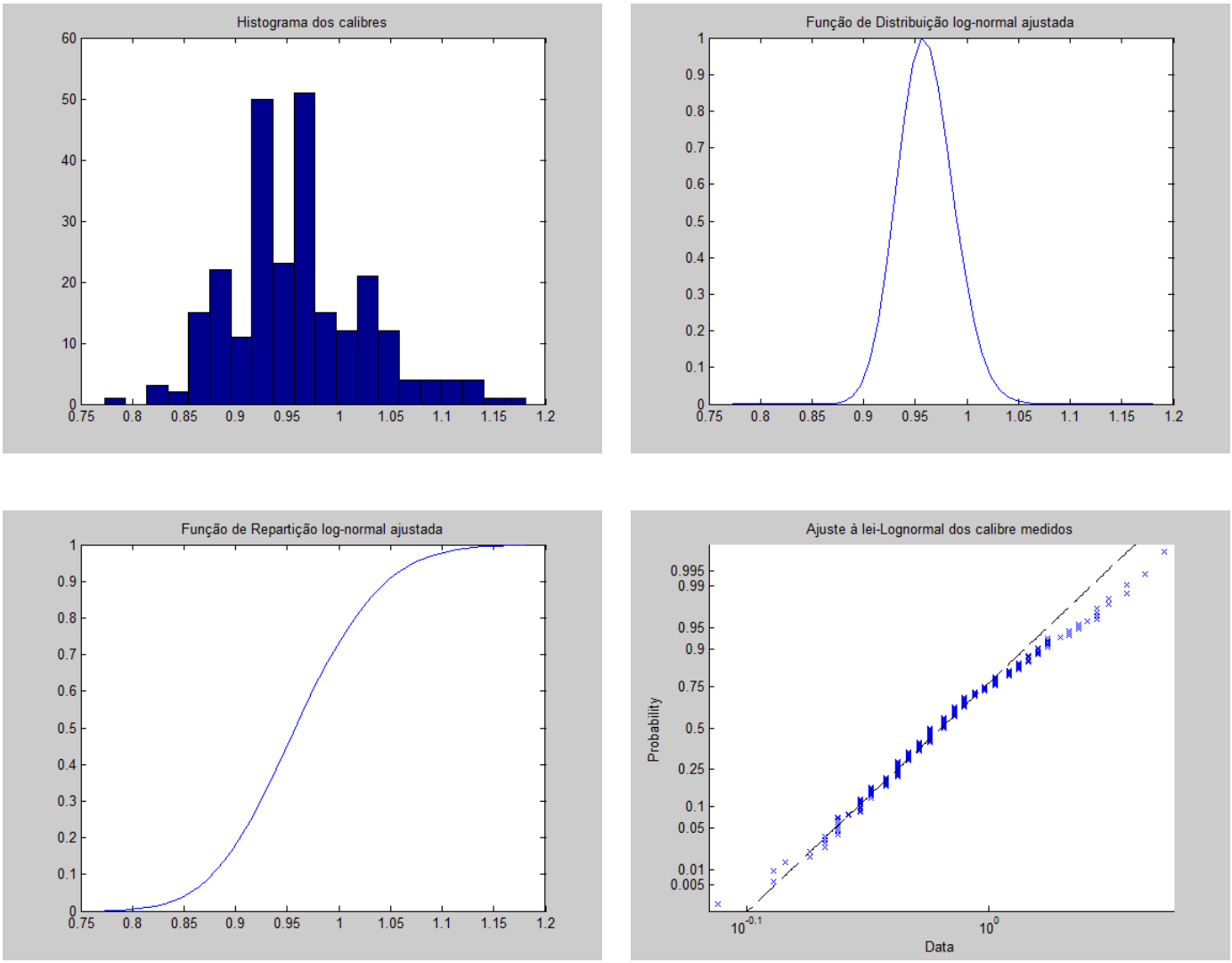


Figura 48 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm do Copo 2 após 17 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

4.2.2.7 Dia 24 (15-Maio-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm após 24 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres nas classes 0,87-0,89e 0,91-0,95mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor ligeiramente inferior a 0,95mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,78 e 1,15mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se razoavelmente à lei lognormal;

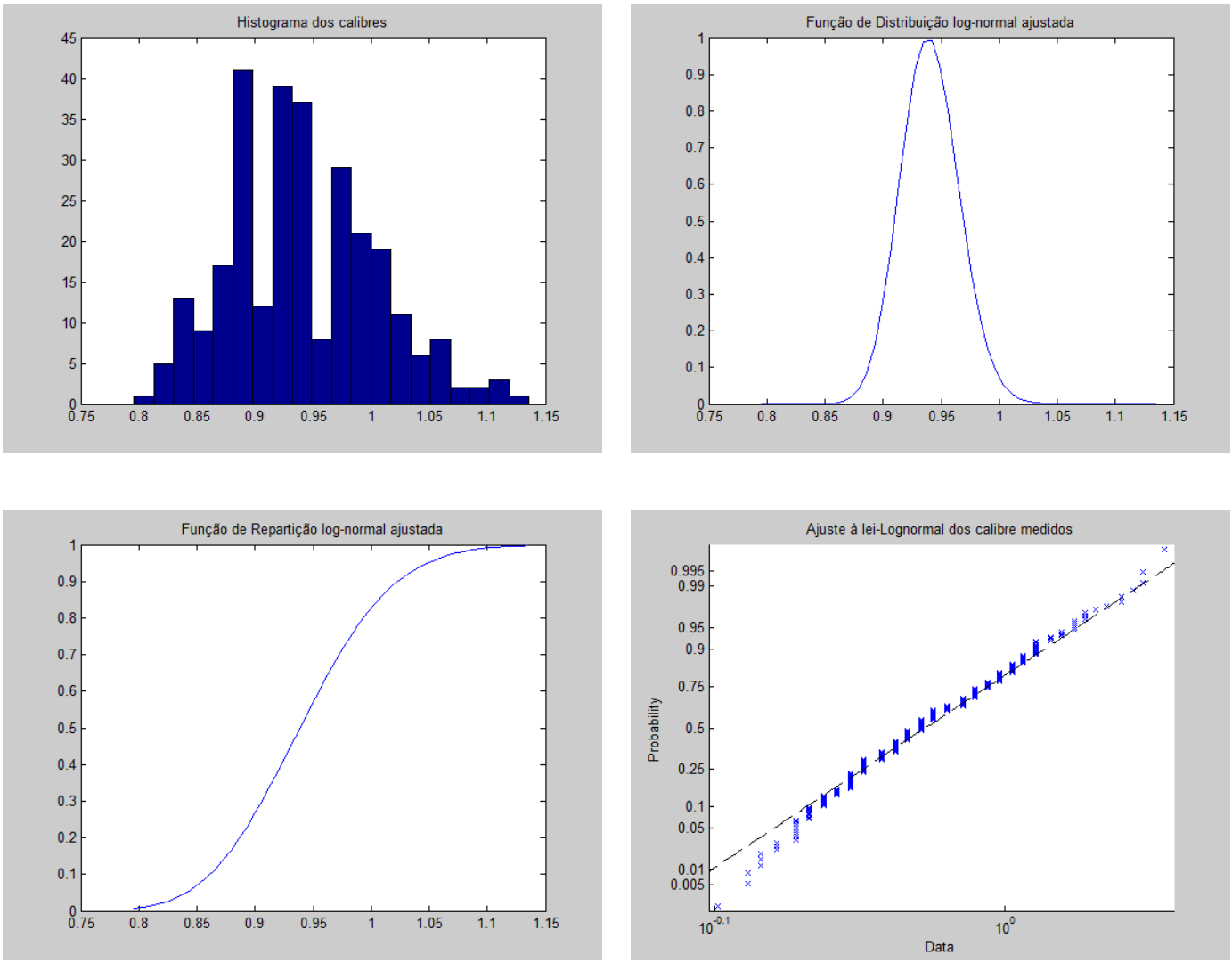


Figura 49 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm do Copo 2 após 24 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

4.2.2.8 Dia 27 (18-Maio-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm após 27 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres na classe 0,91-0,93 mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor próximo de 0,95mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,72 e 1,15mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se bem à lei lognormal;

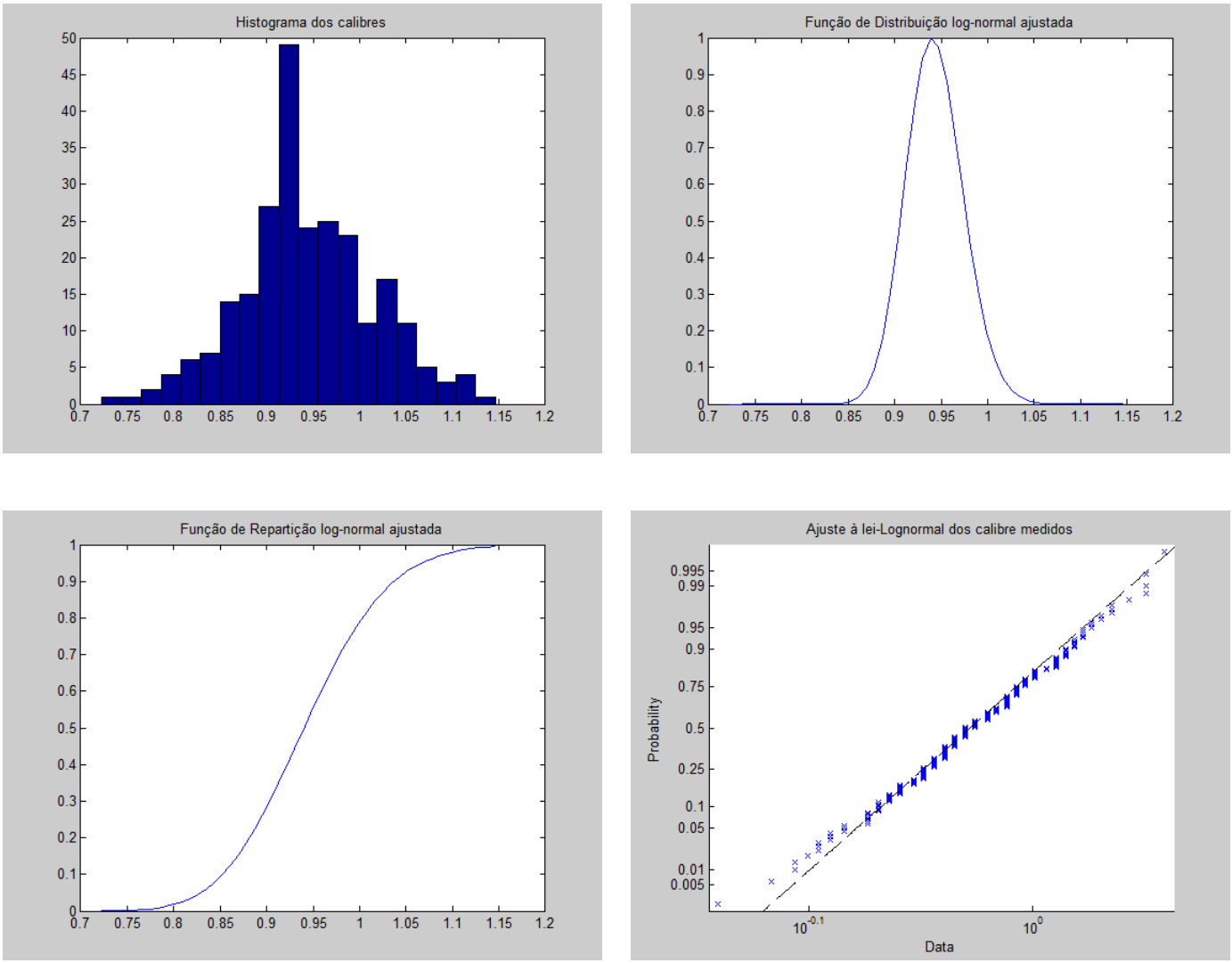


Figura 50 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm do Copo 2 após 27 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

	Dia 0	Dia 3	Dia 6	Dia 8	Dia 14	Dia 17	Dia 24	Dia 27
μ_{log}	-0,0353	-0,0475	-0,0393	-0,0598	-0,0571	-0,0428	-0,0634	-0,0614
σ_{log}	0,0725	0,0712	0,0692	0,0662	0,0778	0,0685	0,0673	0,0765
Média	0,9678	0,9561	0,9638	0,9440	0,9474	0,9604	0,9407	0,9432
Mediana	0,9653	0,9537	0,9615	0,9420	0,9445	0,9581	0,9386	0,9404
Moda	0,9602	0,9488	0,9569	0,9379	0,9388	0,9536	0,9344	0,9349
Variância	0,3464	0,3380	0,3434	0,3293	0,3322	0,3409	0,3270	0,3292
Assimetria	4,5172	4,5159	4,5140	4,5112	4,5225	4,5134	4,5122	4,5212
Curtose	0,0847	0,0817	0,0772	0,0705	0,0976	0,0757	0,0730	0,0945
Entropia	-1,1327	-1,1522	-1,1821	-1,2306	-1,0575	-1,1929	-1,2123	-1,0747

Tabela 10 – Resultados Estatísticos dos calibres medidos no decurso da reacção para o Copo 2 – esferas de ferro calibre 0,80 – 1,20 mm

No decurso da reacção do ensaio 2 (esferas de calibre 0,80 – 1,20 mm sem lavagens intermédias), a média, mediana e moda dos calibres medidos demonstrou a existência de oscilações dos valores. Após três dias de reacção verificou-se um decréscimo de 0,01mm.Os valores dos calibres médios sofrem aumentos e reduções alternados, obtendo o valor mínimo após 24 dias de reacção. Este efeito pode ser interpretado como havendo redução inicial do diâmetro pelo consumo do ferro na reacção de Cr (VI). Parte dos produtos da reacção que se formaram e os constituintes das esferas que não reagiram por completo permaneceram na superfície dos grânulos. Com o passar do tempo a reacção torna-se completa para alguns dos produtos da reacção que se desprendem da superfície do ferro. A oscilação dos valores médios dos calibres medidos encontra explicação na seguinte interpretação: as esferas de constituição homogénea em ferro sofrem corrosão pelo Cr (VI) da solução. Na sua superfície formam-se produtos da reacção que apenas se destacam quando a reacção se completa. Durante este processo a difusão da solução através da camada de produtos é mais lenta do que a difusão através da camada limite de Nernst. A variância da distribuição dos calibres assume valores semelhantes nos diferentes dias. Esta informação conduz a inferir que as alterações dos valores dos calibres relativamente ao calibre médio não são significativas. A assimetria positiva verifica a ocorrência da distribuição dos calibres superiores em várias classes de frequência baixa, não se verificando uma tendência preferencial para a destruição destas esferas. Os valores da curtose verificam uma diminuição até ao 8º dia de reacção, verificando-se sensíveis flutuações a partir dessa data. A entropia assume valores negativos nos vários momentos da reacção, indicando o estado de ordem no sistema. Até ao dia 8 a entropia diminuiu imperceptivelmente, verificando-se pequenas oscilações no seu estado de ordem após essa data.

4.2.2.9 Evolução temporal da granulometria das esferas

A sobreposição dos resultados revela uma deslocação da curva de distribuição deslocada para a esquerda ao longo do ensaio.

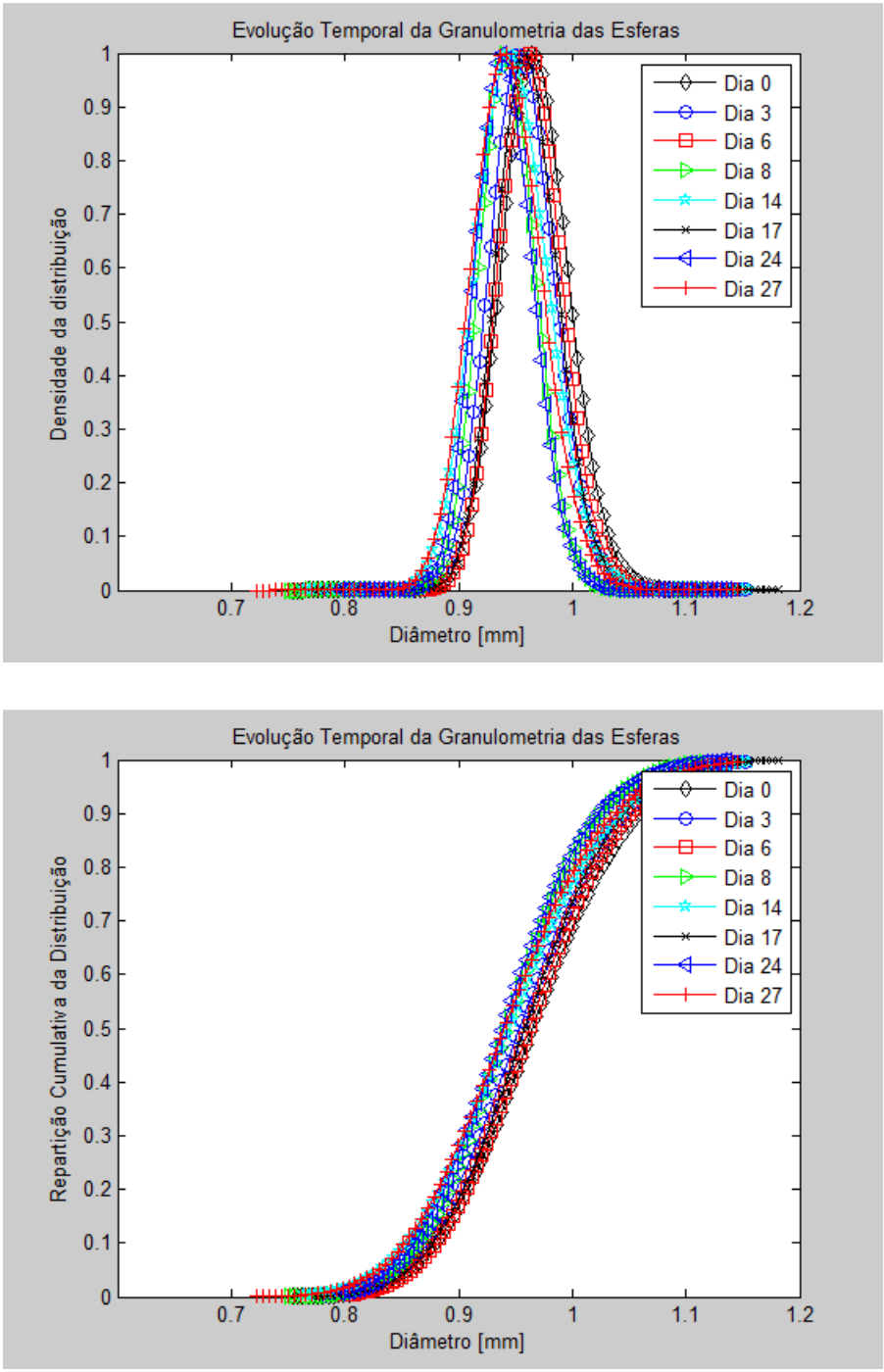
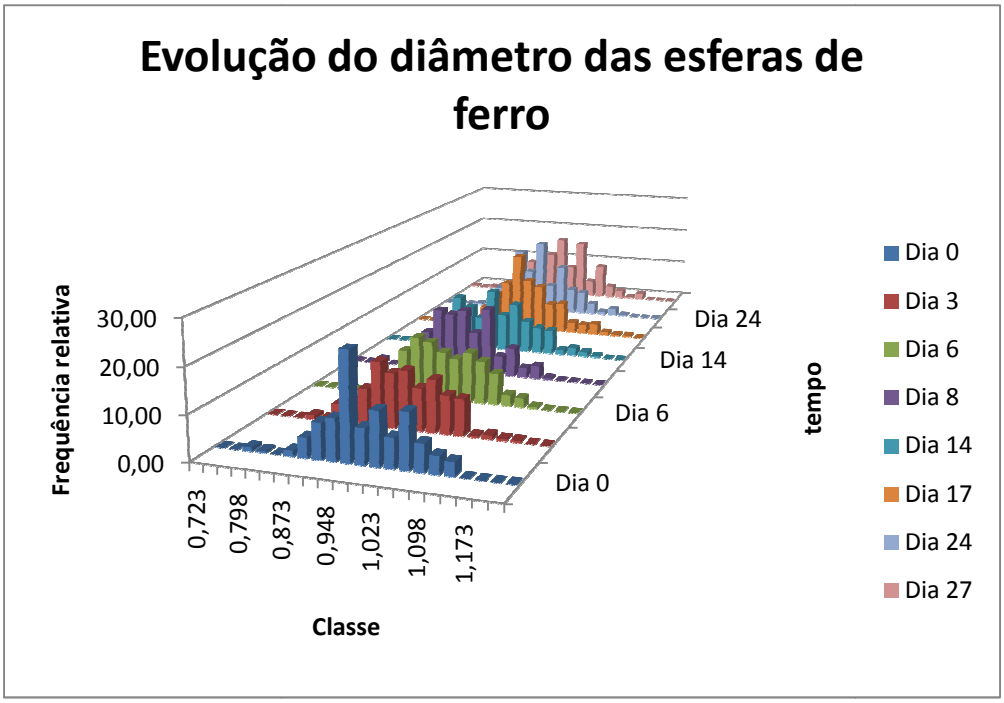


Figura 51 - Evolução temporal da granulometria das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm no Copo 2 (curvas de distribuição e repartição)

Nos gráficos seguintes é visível em duas perspectivas distintas a evolução do diâmetro das esferas no decorrer da experiência.



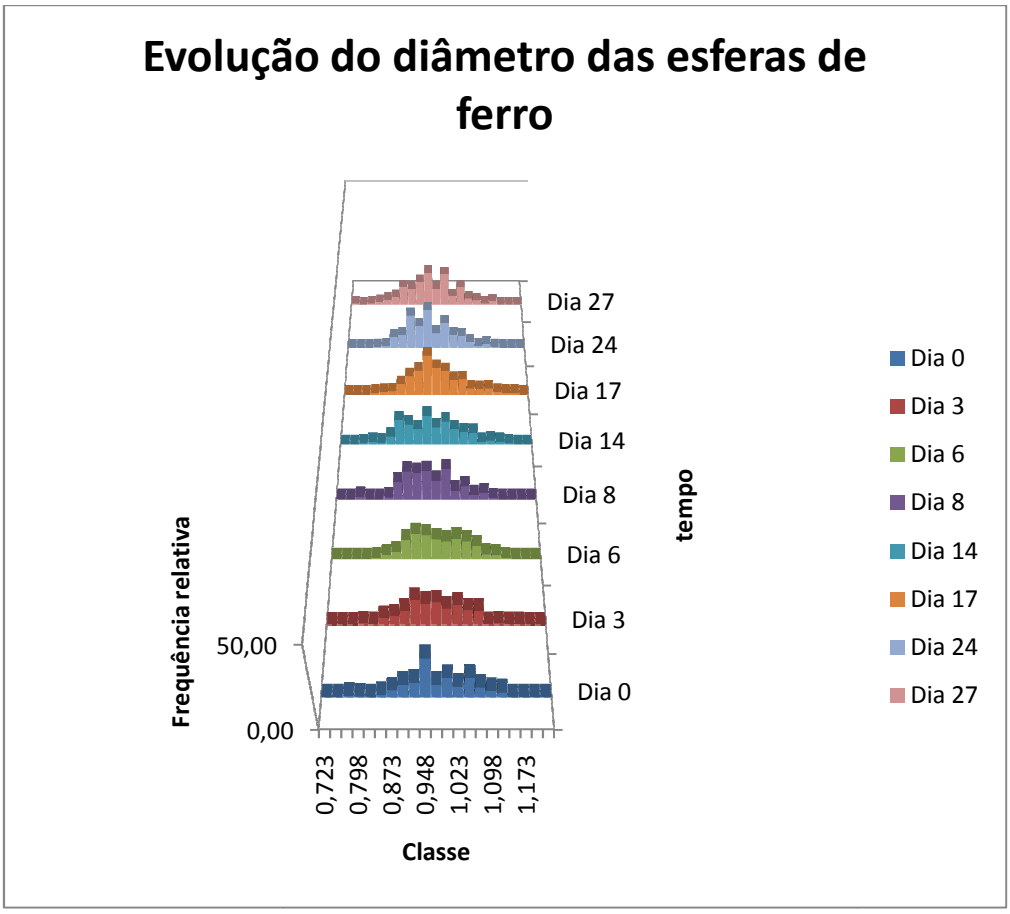


Figura 52 - Evolução do diâmetro das esferas de Ferro de calibre 0,80 – 1,20mm no Copo 2 (histogramas)

4.2.3 COPO 3 – ESFERAS DE FERRO DE GRANOLUMETRIA 0,80 – 1,20MM COM TRATAMENTO INTERMÉDIO

O tratamento das fotografias das esferas de calibre 0,80 – 1,20mm com tratamento intermédio e os respectivos resultados está incluído no Anexo D.3.

4.2.3.1 Dia 0 (21-Abril-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm antes de estas contactarem com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres por classes evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres na classe 1,00 e 1,10mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor ligeiramente inferior a 1,00mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,80 e 1,20mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se bem à lei lognormal;

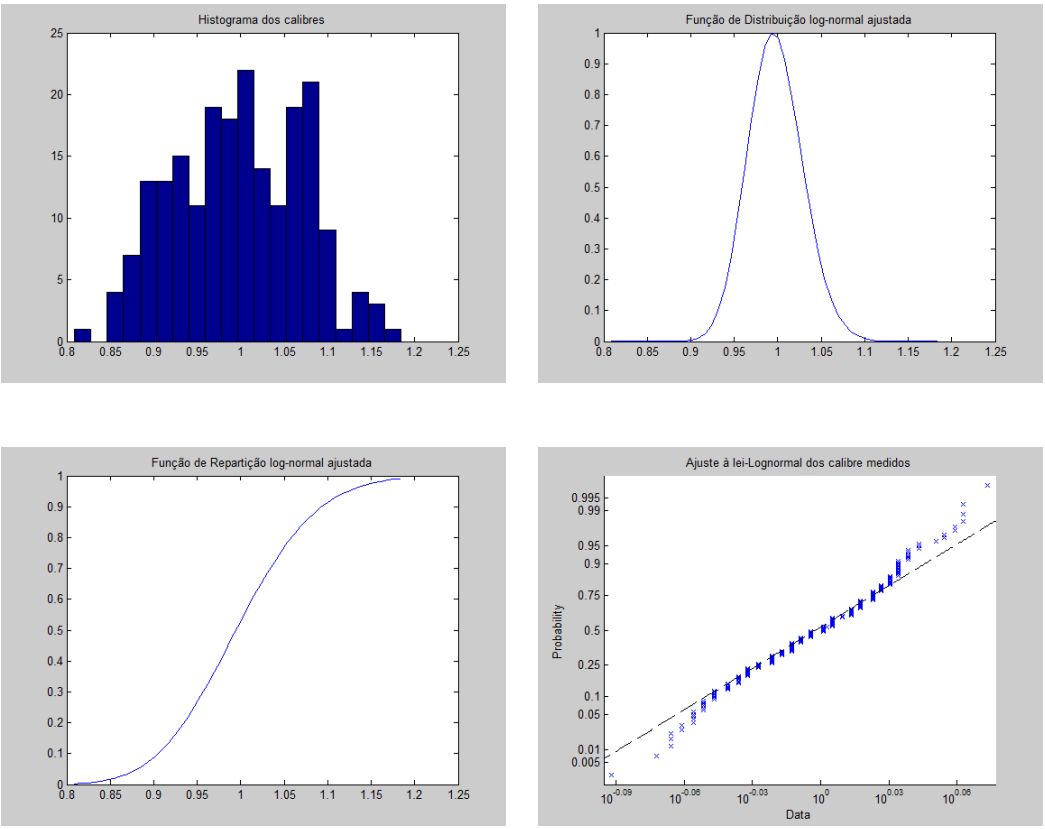


Figura 53 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 antes de contactarem com a solução de Cr (VI)

4.2.3.2 Dia 3 (24-Abril-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm após 3 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres evidencia picos de frequências sendo a classe de ocorrência mais elevada a de 1,01- 1,03mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor ligeiramente inferior a 1,00mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,85 e 1,18mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se bem à lei lognormal;

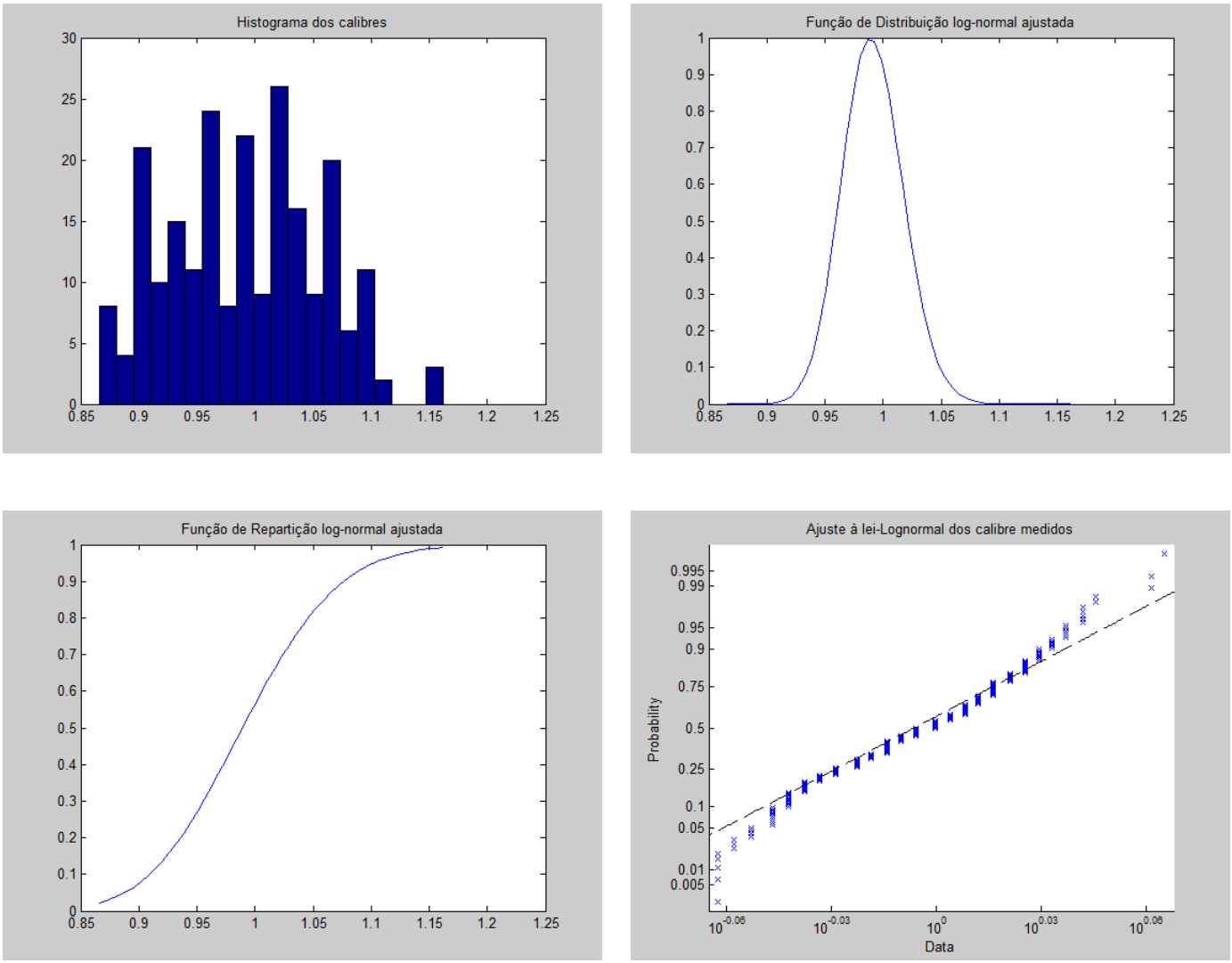


Figura 54 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 3 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

4.2.3.3 Dia 6 (27-Abril-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm após 6 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres evidencia picos de frequências sendo a classe de ocorrência mais elevada a de 1,00- 1,02mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor próximo a 0,97mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,83 e 1,18mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se bem à lei lognormal;

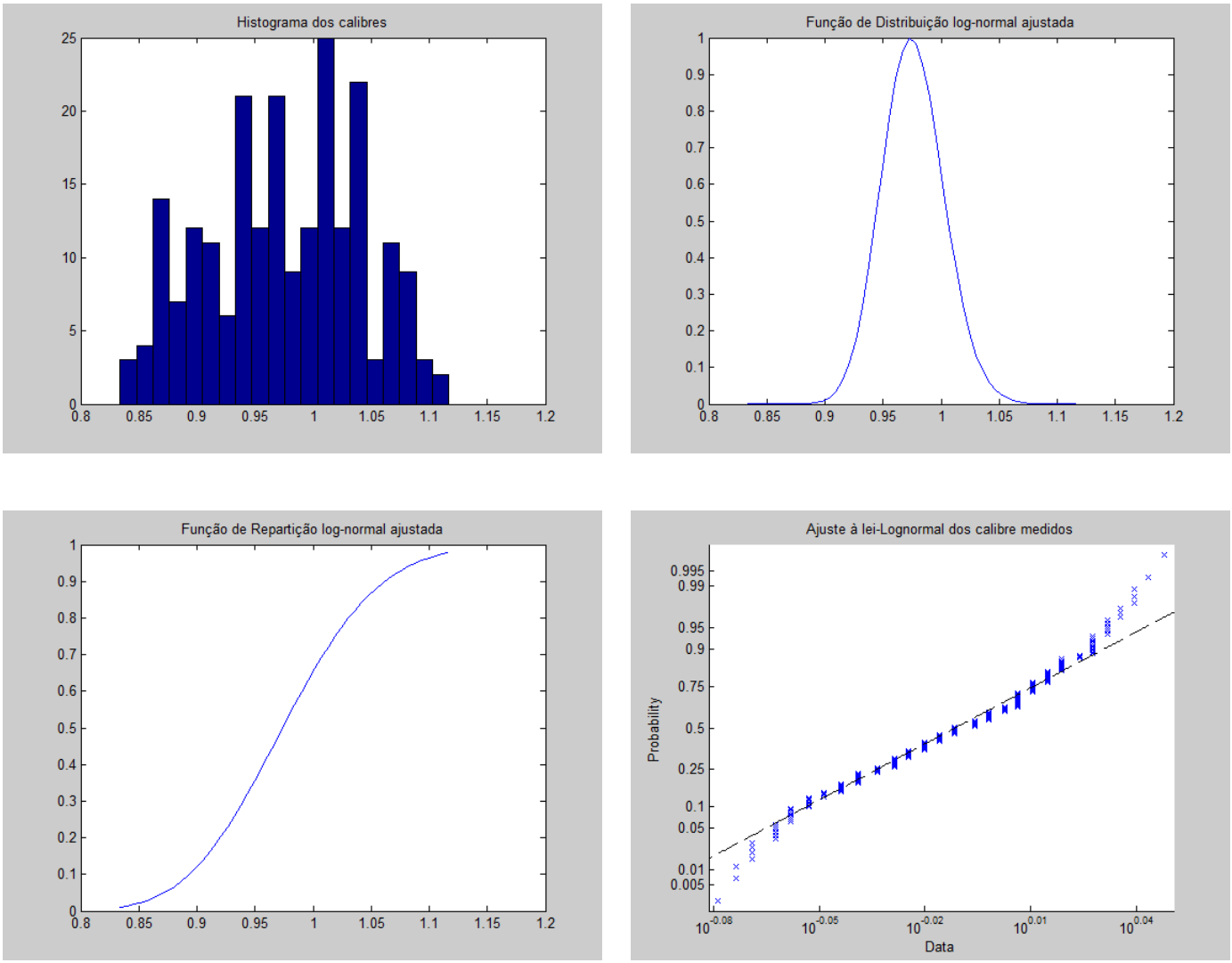


Figura 55 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 6 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

4.2.3.4 Dia 8 (29-Abril-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm após 8 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres na classe 0,97 e 0,99mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor próximo a 0,96mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,80 e 1,14mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se bem à lei lognormal;

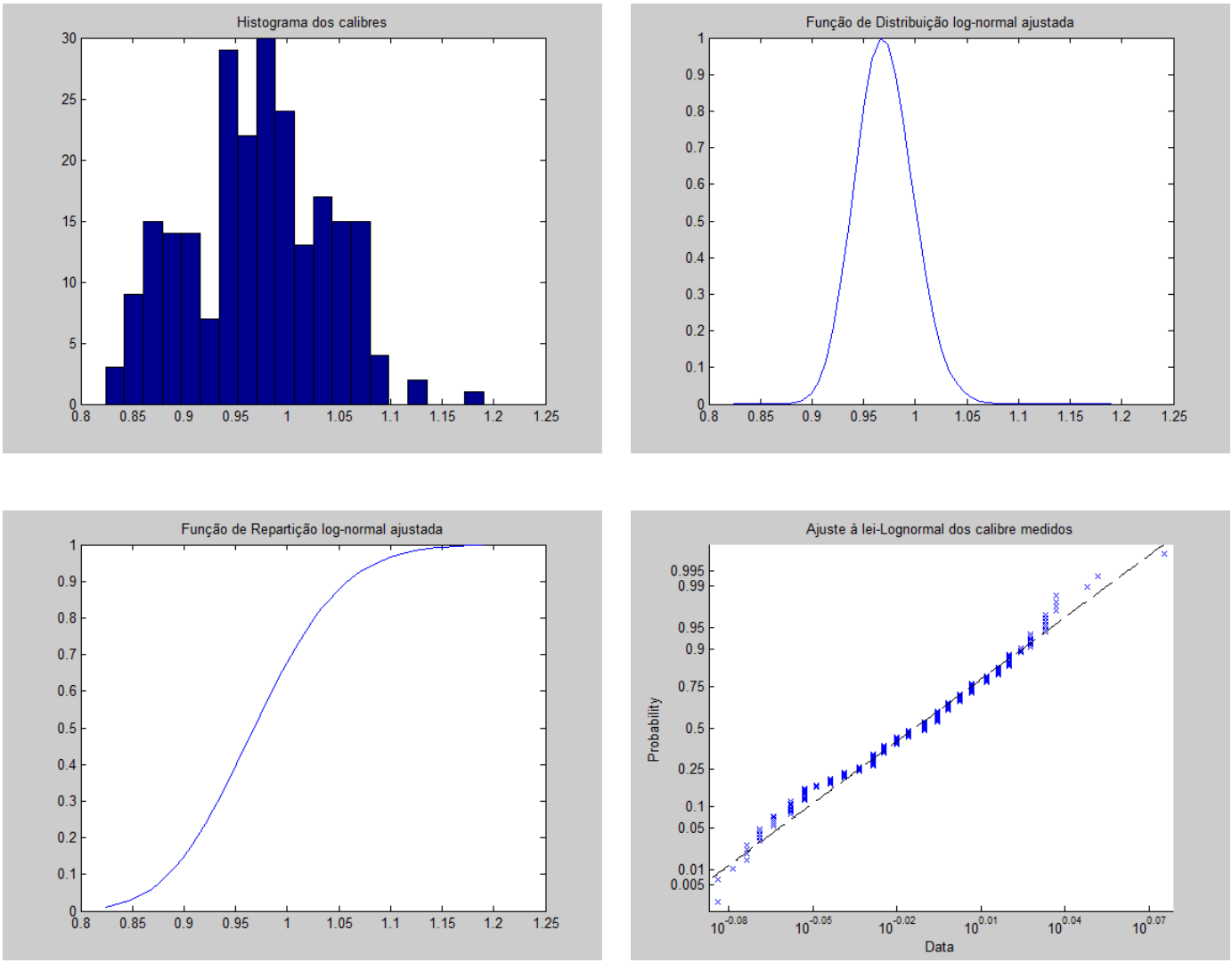


Figura 56 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 8 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

4.2.3.5 Dia 14 (5-Maio-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm após 14 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres na classe 0,95 e 0,97mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor próximo a 0,97mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,82 e 1,15mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se bem à lei lognormal;

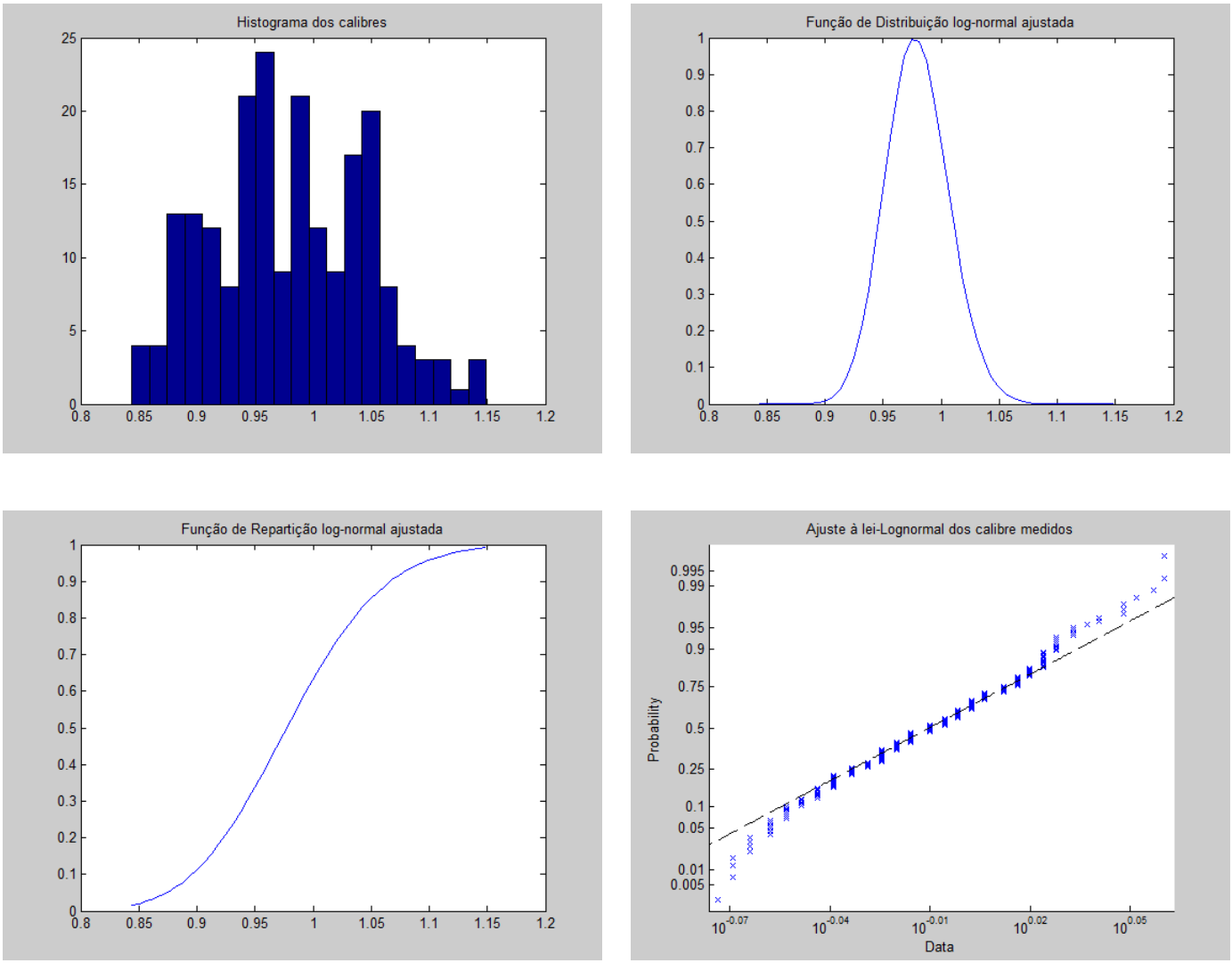


Figura 57 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 14 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

4.2.3.6 Dia 17 (8-Maio-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm após 17 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres evidencia picos de frequência sendo que as classes de elevada de ocorrência são 0,93 e 0,95mm e 0,99 -1,01mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor próximo a 0,96mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,80 e 1,17mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se bem à lei lognormal;

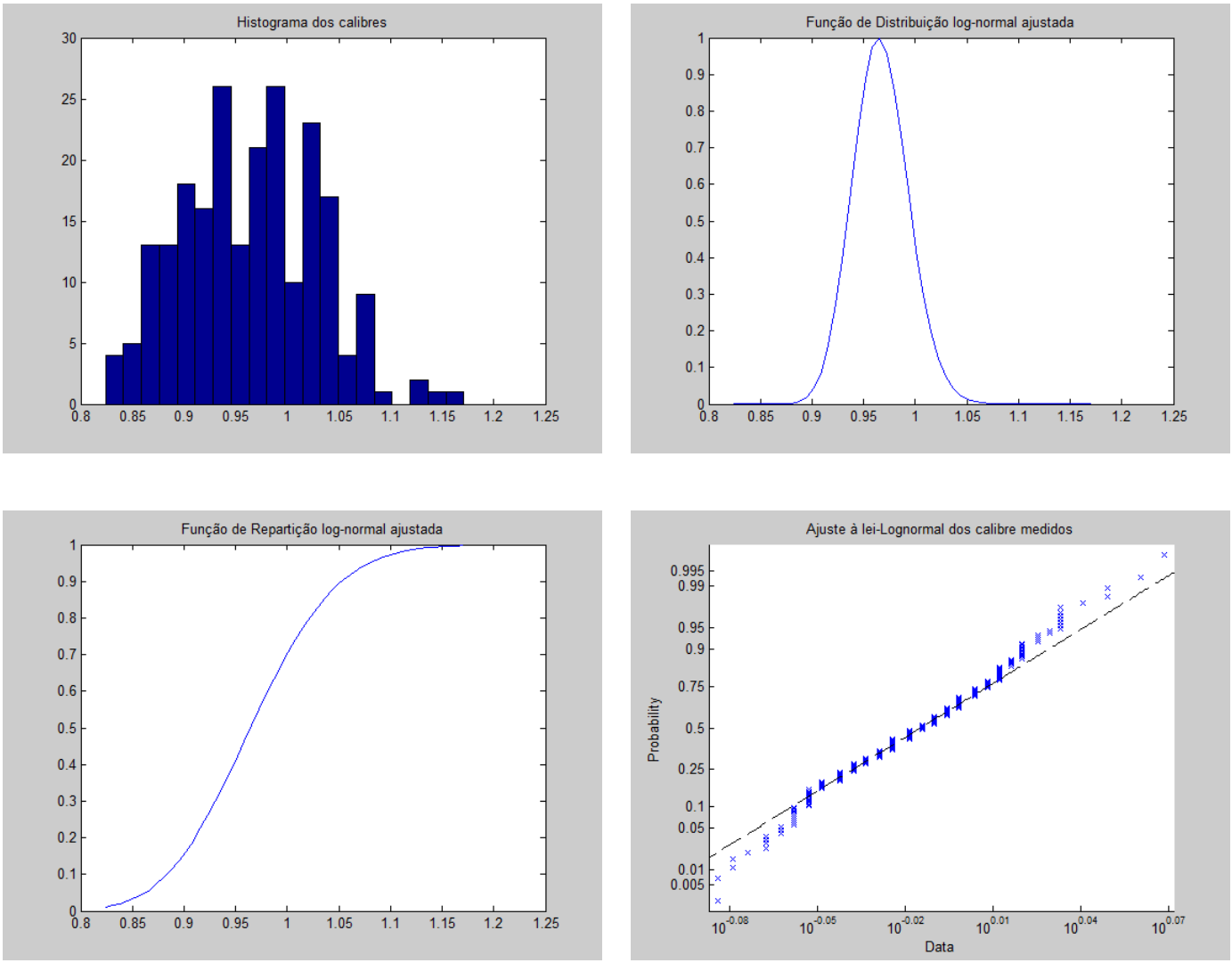


Figura 58 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 17 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

4.2.3.7 Dia 24 (15-Maio-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm após 24 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres na classe 0,87 e 0,89mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor ligeiramente inferior a 0,95mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,76 e 1,15mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se razoavelmente à lei lognormal;

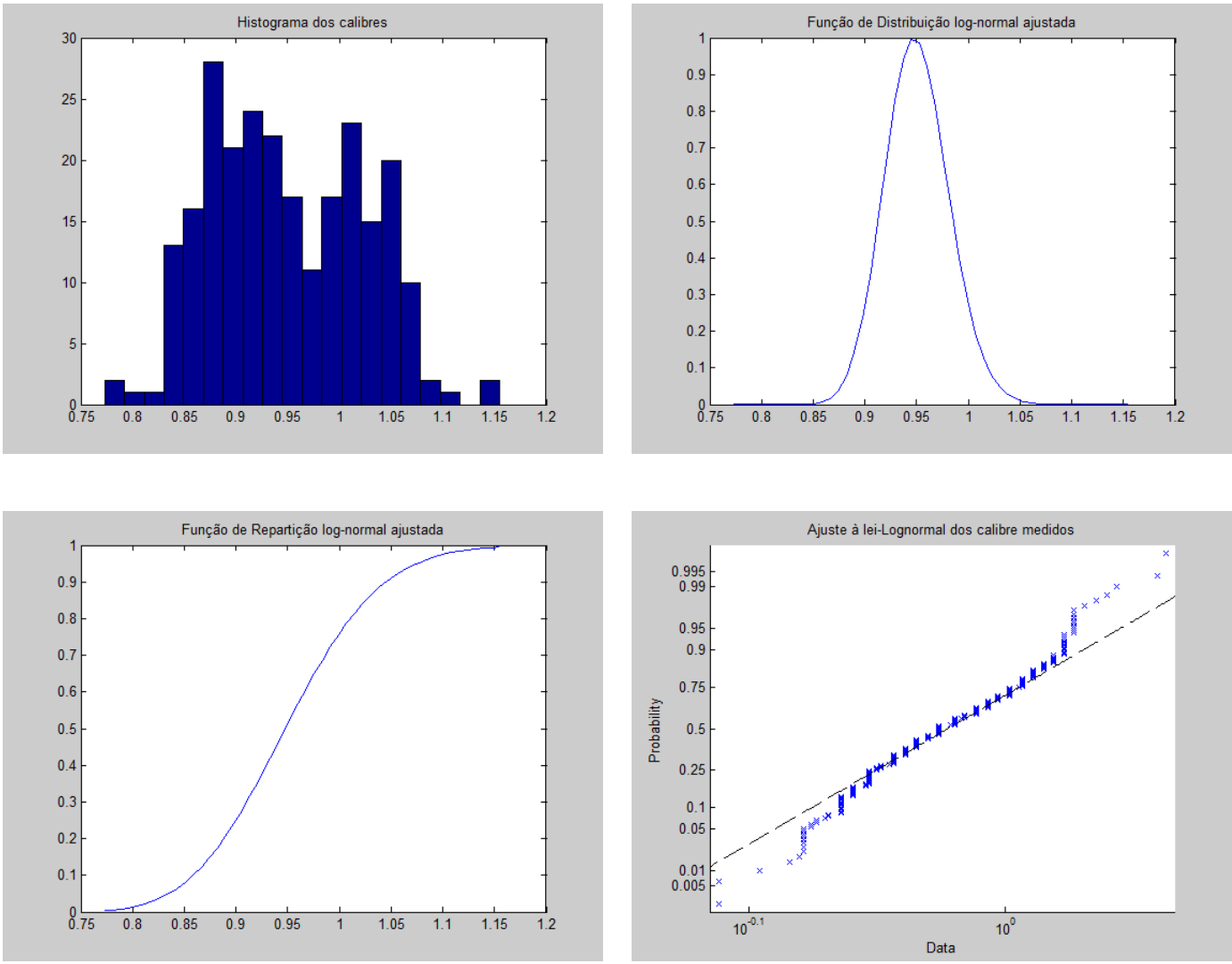


Figura 59 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 24 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

4.2.3.8 Dia 27 (18-Maio-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm após 27 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres na classe 0,89 e 0,91mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor ligeiramente superior a 0,95mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,80 e 1,15mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se razoavelmente à lei lognormal

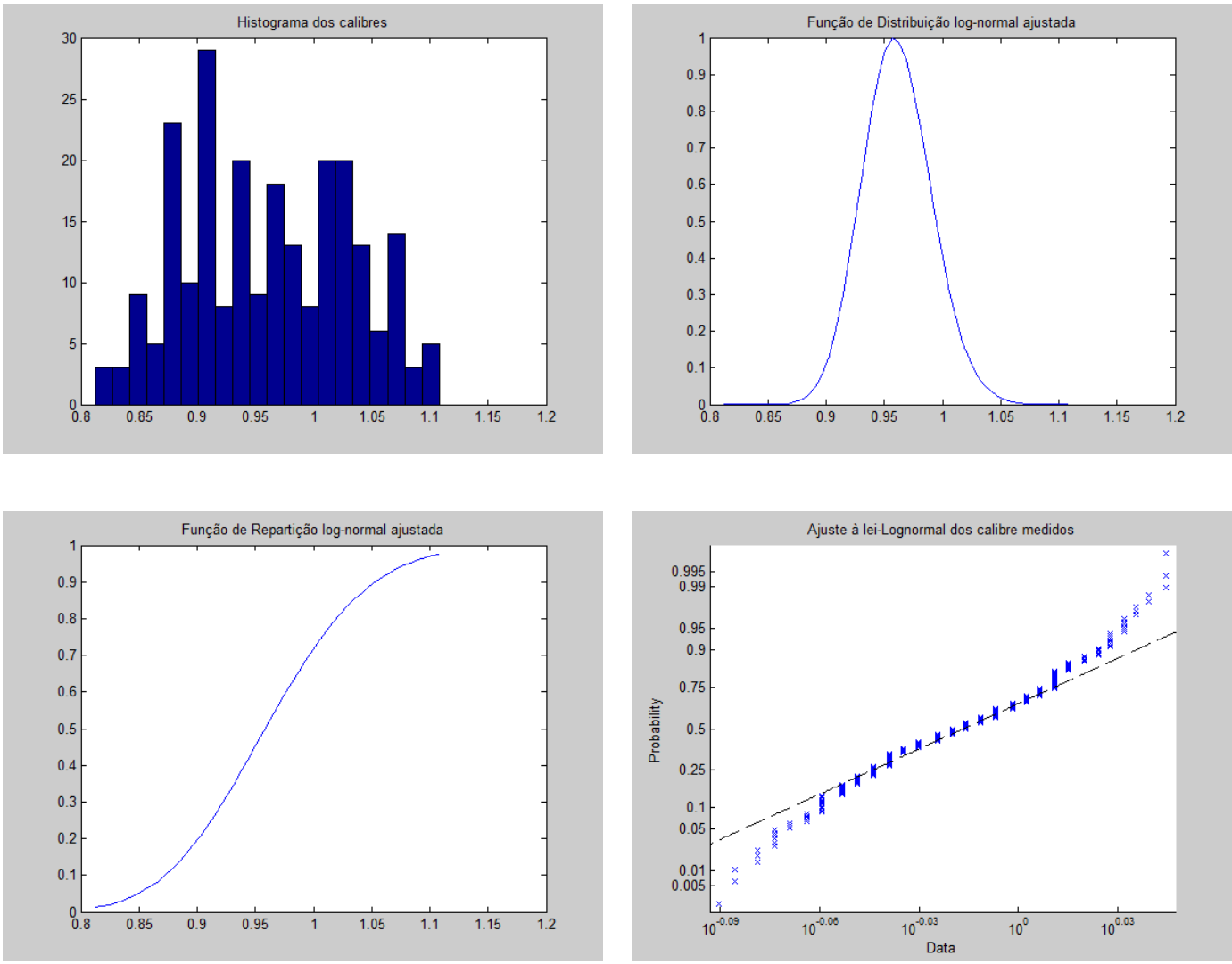


Figura 60 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 27 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

4.2.3.9 Dia 30 (21-Maio-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm após 30 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres na classe 0,95 e 0,97mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor ligeiramente inferior a 0,97mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,80 e 1,15mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se razoavelmente à lei lognormal

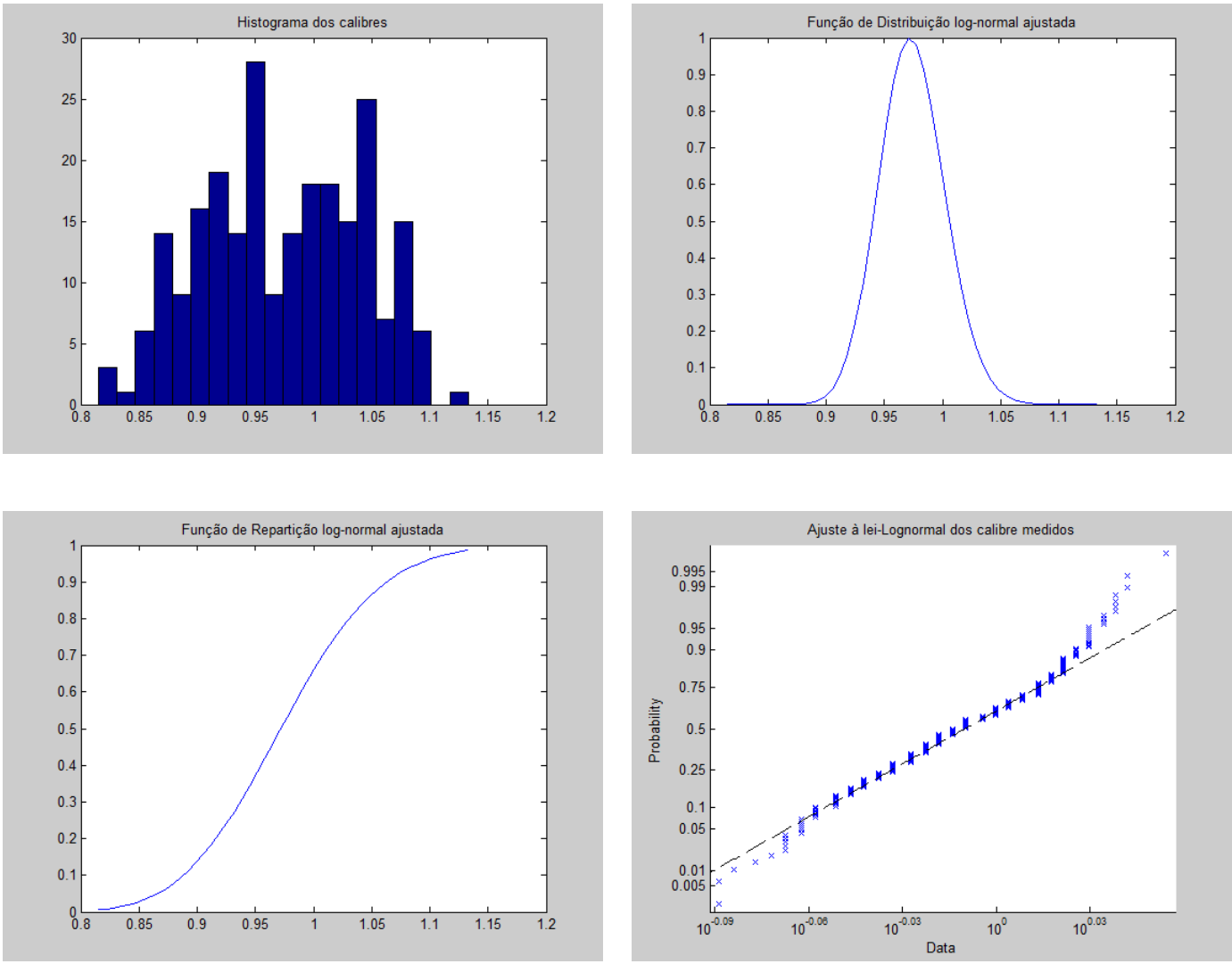


Figura 61 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 30 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

4.2.3.10 Dia 31 (22-Maio-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm após 31 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres na classe 0,99 e 1,01mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor ligeiramente inferior a 0,95mm;
- A curva de partição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,77 e 1,15mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se razoavelmente à lei lognormal;

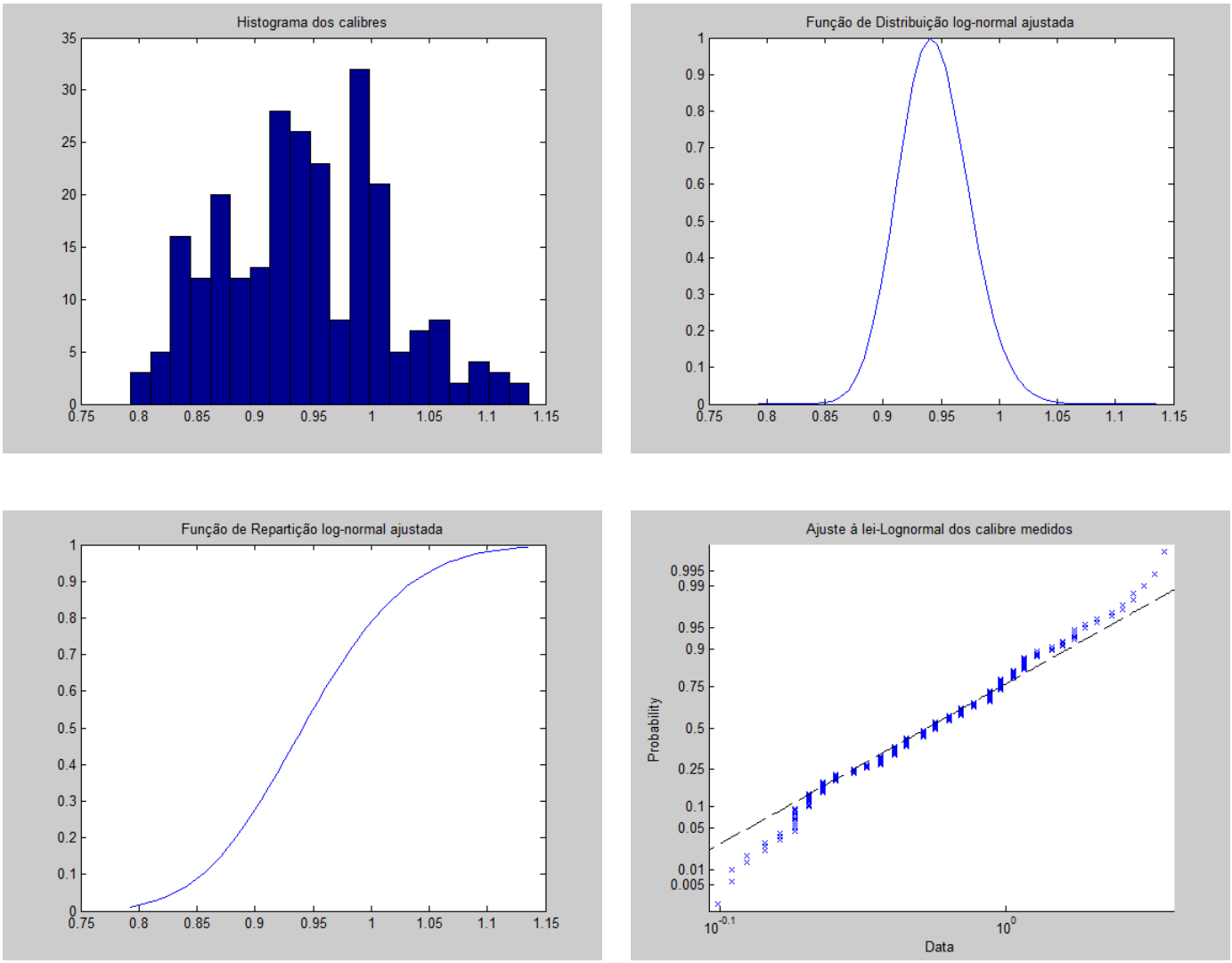


Figura 62 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 31 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

4.2.3.11 Dia 36 (27-Maio-2009)

A análise dos resultados dos diâmetros das esferas de ferro elementar de calibre 0,80 - 1,20mm após 36 dias de contacto com a solução de Cr (VI) permite as seguintes afirmações:

- A distribuição granulométrica dos calibres evidencia uma frequência elevada de ocorrência de calibres na classe 0,99 e 1,01mm;
- No ajuste da distribuição dos calibres medidos a uma distribuição log-normal verifica-se que a mediana destes toma um valor próximo de 0,96mm;
- A curva de repartição mostra que a ocorrência dos calibres se situa entre sensivelmente 0,80 e 1,15mm;
- O conjunto de calibres medidos ajusta-se razoavelmente à lei lognormal;

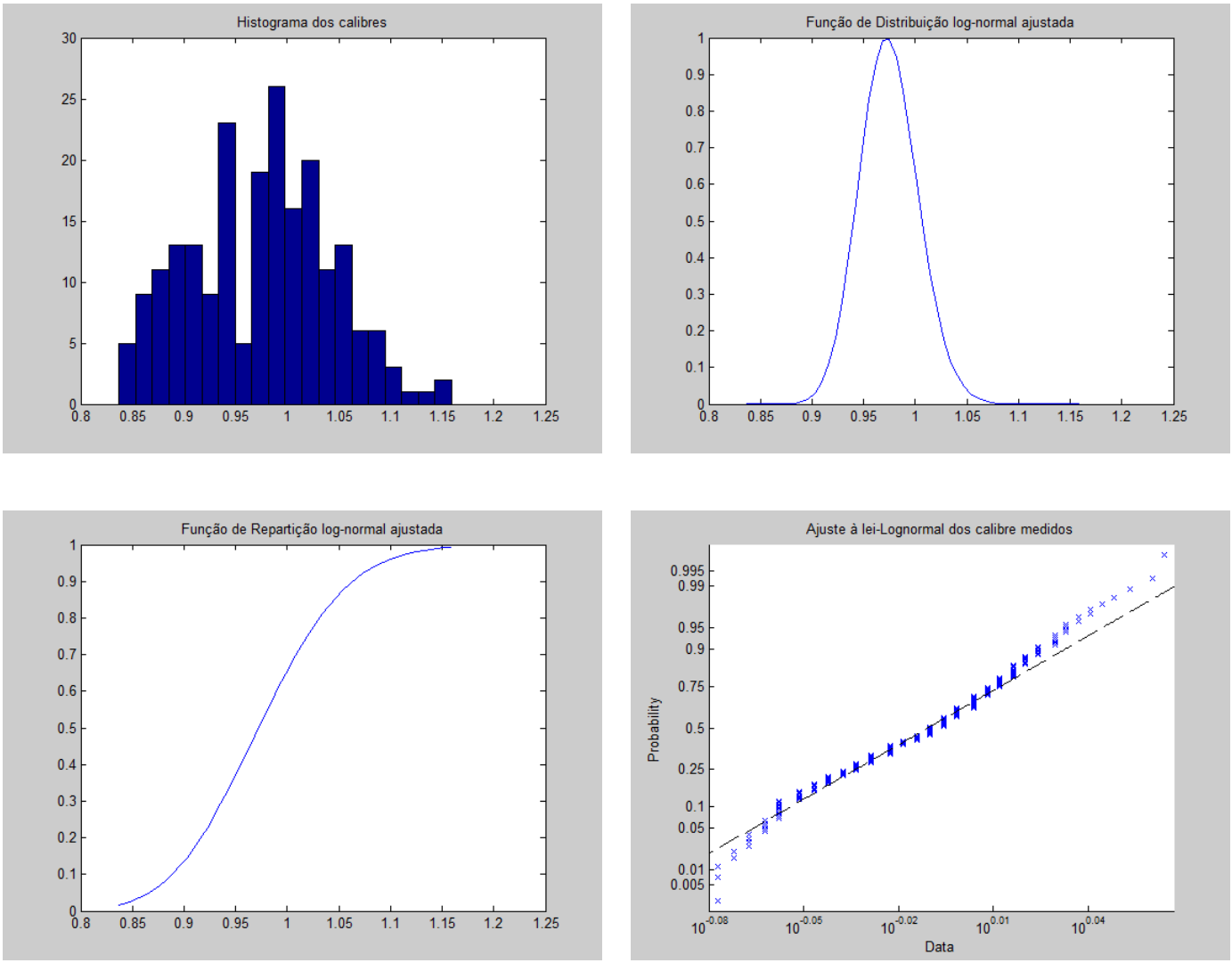


Figura 63 - Gráficos dos calibres das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm do Copo 3 após 36 dias de contacto com a solução de Cr (VI)

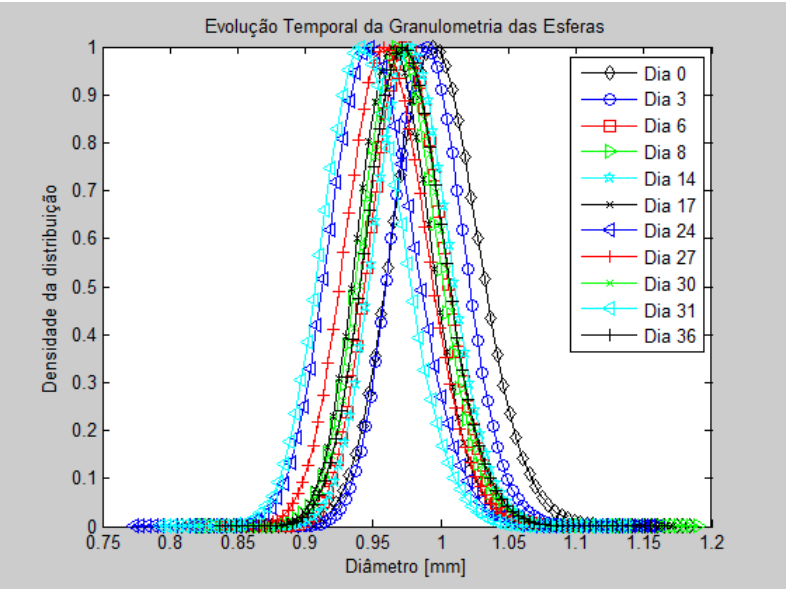
	21-Abr Dia 0	24-Abr Dia 3	27-Abr Dia 6	29-Abr Dia 8	05-Mai Dia 14	08-Mai Dia 17	15-Mai Dia 24	18-Mai Dia 27	21-Mai Dia 30	22-Mai Dia31	27-Mai Dia 36
μ	-0,0054	-0,0107	-0,0266	-0,0326	-0,0230	-0,0362	-0,0540	-0,0424	-0,0287	-0,0606	-0,0283
σ	0,0736	0,0660	0,0674	0,0699	0,0681	0,0683	0,0765	0,0734	0,0700	0,0755	0,0702
Média	0,9973	0,9915	0,9760	0,9702	0,9795	0,9667	0,9502	0,9610	0,9741	0,9439	0,9745
Mediana	0,9946	0,9893	0,9738	0,9679	0,9773	0,9645	0,9475	0,9585	0,9717	0,9412	0,9721
Moda	0,9892	0,9850	0,9693	0,9632	0,9727	0,9600	0,9419	0,9533	0,9670	0,9359	0,9673
Variância	0,3679	0,3632	0,3520	0,3480	0,3546	0,3454	0,3341	0,3416	0,3508	0,3296	0,3511
Assimetria	4,5183	4,5111	4,5123	4,5147	4,5130	4,5131	4,5212	4,5181	4,5148	4,5202	4,5150
Curtose	0,0874	0,0701	0,0732	0,0788	0,0747	0,0751	0,0945	0,0869	0,0790	0,0920	0,0795
Entropia	-1,1162	-1,2335	-1,2105	-1,1711	-1,1996	-1,1970	-1,0745	-1,1195	-1,1697	-1,0890	-1,1669

Tabela 11 – Resultados Estatísticos dos calibres medidos no decurso da reacção para o Copo3 – esferas de ferro calibre 1,50 – 2,20 mm

O ensaio 3 em que foram testadas esferas de calibre 0,80 – 1,20mm com tratamento intermédio, verificou, através dos valores de medida central que há uma pequena redução no calibre até ao 3º dia de reacção. No 6º dia de reacção foi efectuada a 1ª lavagem das esferas. O valor do calibre médio diminuiu 0,02mm relativamente ao 3º dia. A interpretação desta consequência apoia-se no facto de a lavagem intermédia ter removido a camada de produtos da reacção e produtos ainda não completamente reagidos na superfície do ferro. São verificadas novas reduções do calibre médio até ao final do ensaio, alternadas com alguns aumentos. A explicação das reduções reside claramente na remoção da camada exterior do ferro por lavagem intermédia; os aumentos podem dever-se ao facto de os produtos constituintes da camada externa não terem reagido o suficiente para se desligarem da esfera. A variância da distribuição de calibres assumiu valor estabilizado pelo que se concluiu que o contacto do ferro com o Cr (VI) provocou na maioria das esferas um comportamento idêntico. A assimetria verificada no inicio do ensaio manteve-se até ao final. A análise da curtose demonstra que as lavagens podem ter influenciado o grau de reactividade de algumas esferas, pelas pequenas variações verificadas entre o 17º e o 24º dia de reacção. A entropia assumiu sempre valores negativos verificando que o estado do sistema se manteve inalterado coma reacção.

4.2.3.1 Evolução temporal da granulometria das esferas

A sobreposição dos resultados revela uma deslocação da curva de distribuição deslocada para a esquerda ao longo do ensaio.



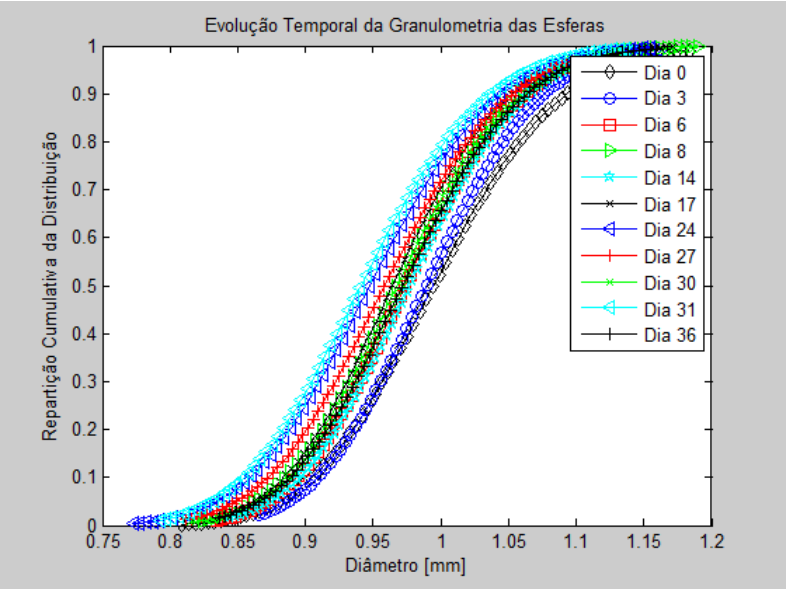
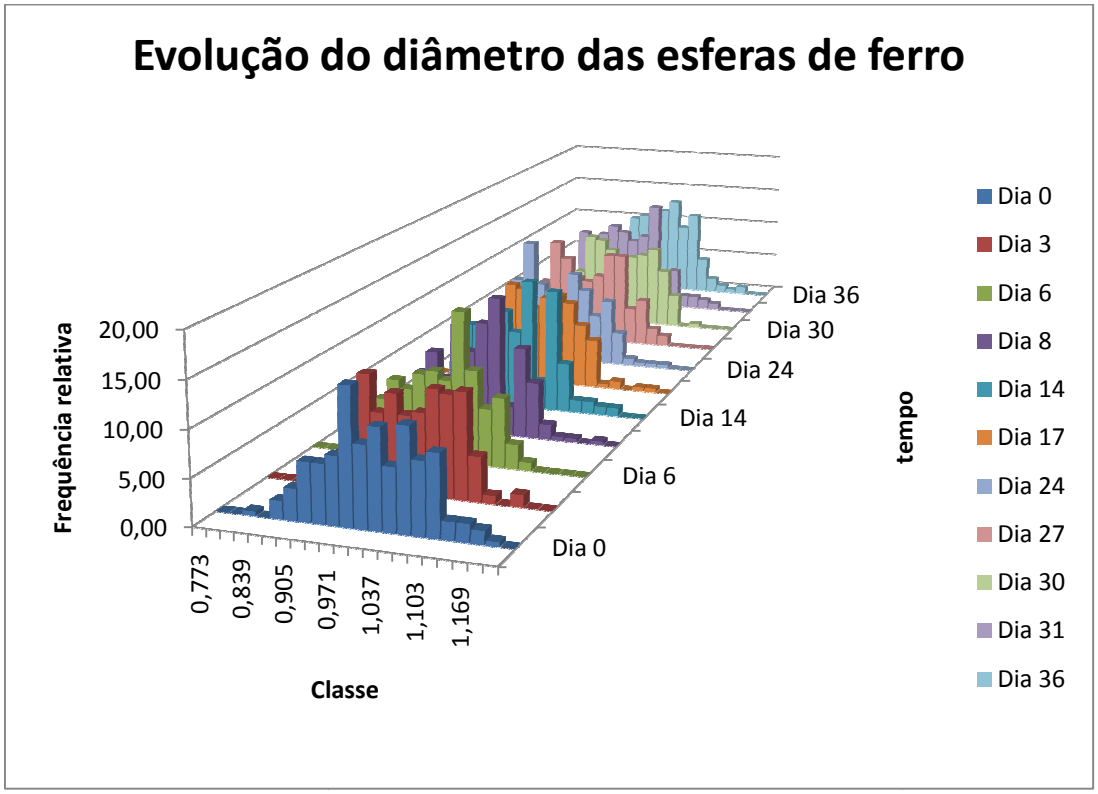


Figura 64 - Evolução temporal da granulometria das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm no Copo 3 (curvas de distribuição e repartição)

Nos gráficos seguintes é visível em duas perspectivas distintas a evolução do diâmetro das esferas no decorrer da experiência.



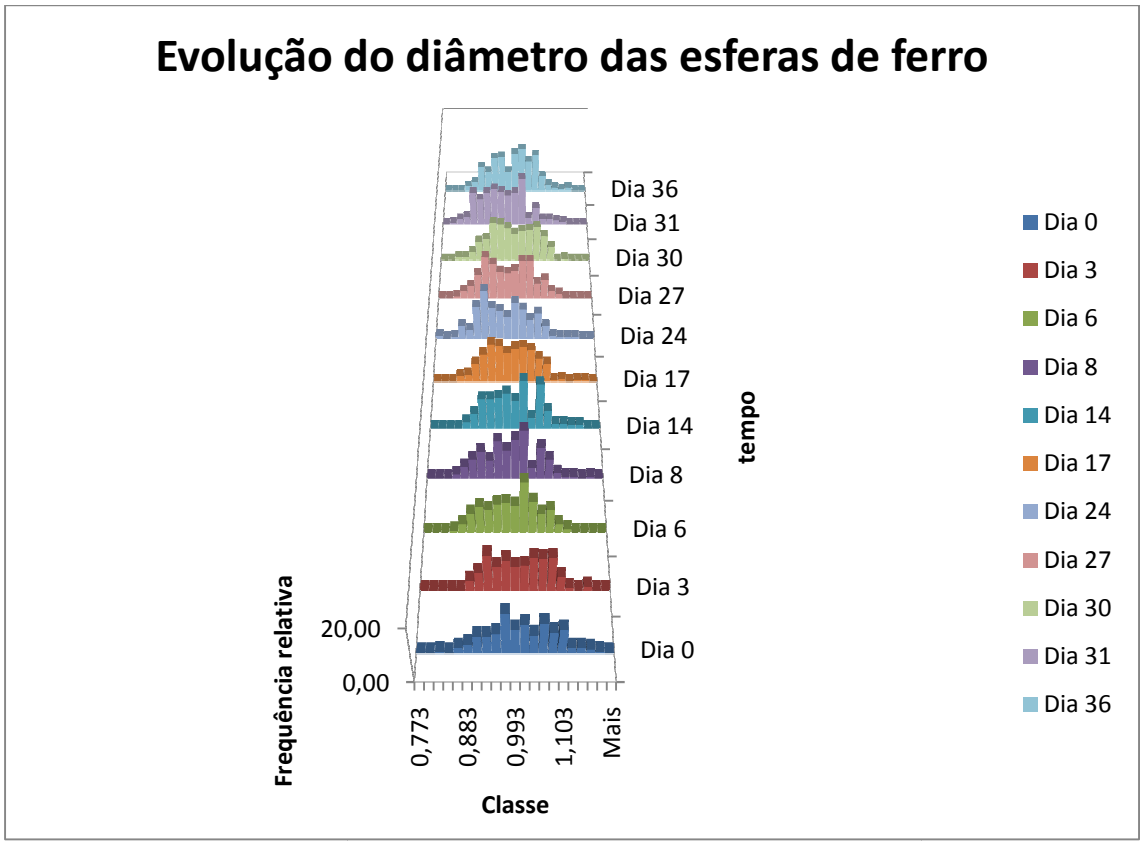


Figura 65 - Evolução do diâmetro das esferas de Ferro de calibre 1,50 – 2,20mm no Copo 3 (histogramas)

4.3 Análise por Microscopia

4.3.1 Copo 1 – Esferas de Ferro de Granolumetria 0,30 - 0,60mm

4.3.1.1 Análise por microscopia electrónica com varrimento

Utilizaram-se esferas de Ferro com baixo teor em carbono com a seguinte composição química fornecida pelo fabricante: Ferro > 98,5%, Carbono – 0,095%, Si – 0,15%, Mn – 1,15%, P – 0,015% e S – 0,015%. A densidade varia entre 4,35 e 5,55 kg dm^{-3}. A granulometria das esferas utilizadas nestes testes estava compreendida entre 0,30 mm (mínimo) e 0,60 mm. A análise semi-quantitativa efectuada por fluorescência de raios X mostra a seguinte ordenação de elementos por ordem decrescente das suas concentrações relativas: Fe, Mn, Si, Cu, Cr, Ca, Al, Mg, S e Co.

Através do exame das fotografias obtidas por microscopia electrónica nota-se a existência de dois tipos distintos de esferas de ferro: o primeiro constituído por grãos oxidados, cobertos por uma camada que pode ser relativamente espessa de óxidos/hidróxidos de ferro e o segundo constituído por esferas não oxidadas, ou cuja camada de oxidação foi removida pela lavagem prévia. Na fotografia seguinte, obtida com uma ampliação de 160 vezes, vê-se claramente uma esfera de ferro oxidada (a esfera central) – tipo II , rodeada por várias outras esferas não oxidadas - tipoI.

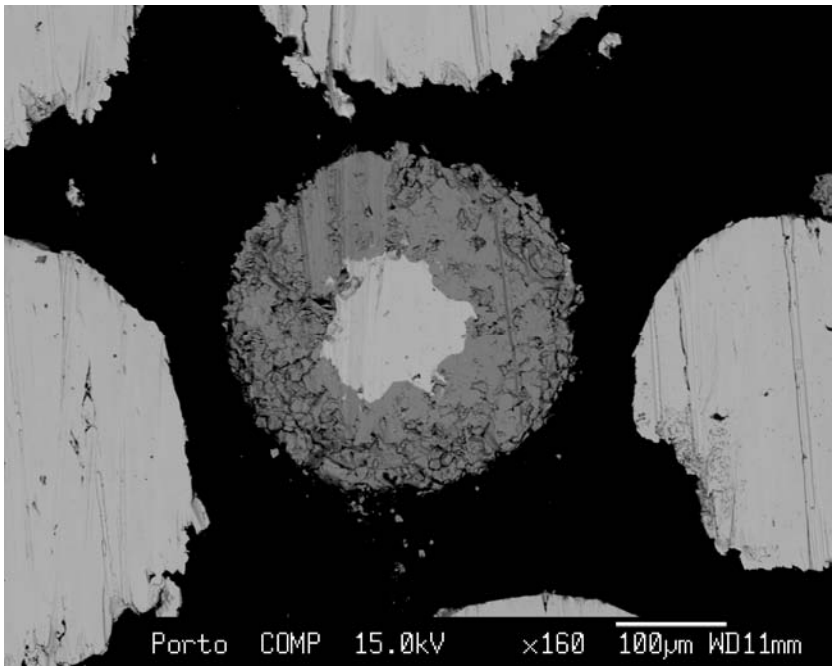


Figura 66 – Fotografia ampliada (160x) de esfera de Ferro com camada de oxidação rodeada por outras esferas não oxidadas

Analisa-se em primeiro lugar as esferas não oxidadas. A fotografia seguinte representa uma esfera de ferro ampliada cerca de 350 vezes após ter sido utilizada na redução de soluções de do Cr(VI) a Cr(III)

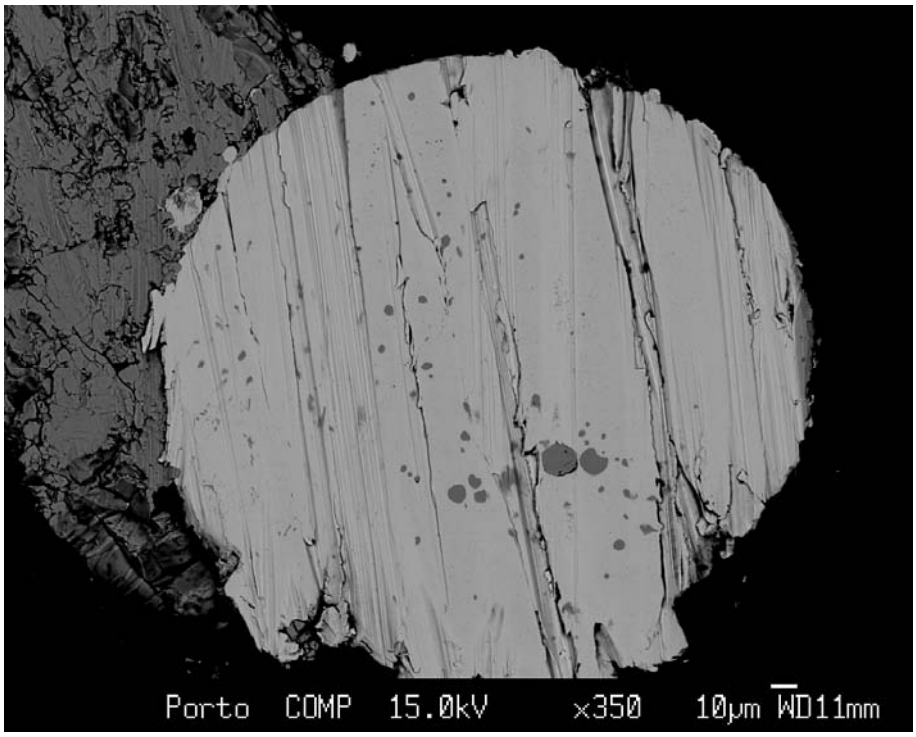


Figura 67 – Fotografia ampliada (350x) de esfera de Ferro sem camada exterior de oxidação

A esfera foi submetida a um mapeamento das concentrações em crómio (canto superior esquerdo da figura seguinte), oxigénio (canto superior direito), ferro (canto inferior esquerdo), depois de a imagem ter sido rodada cerca de 90º (canto inferior direito). Os mapeamentos foram feitos à mesma escala que é indicada nas fotografias.

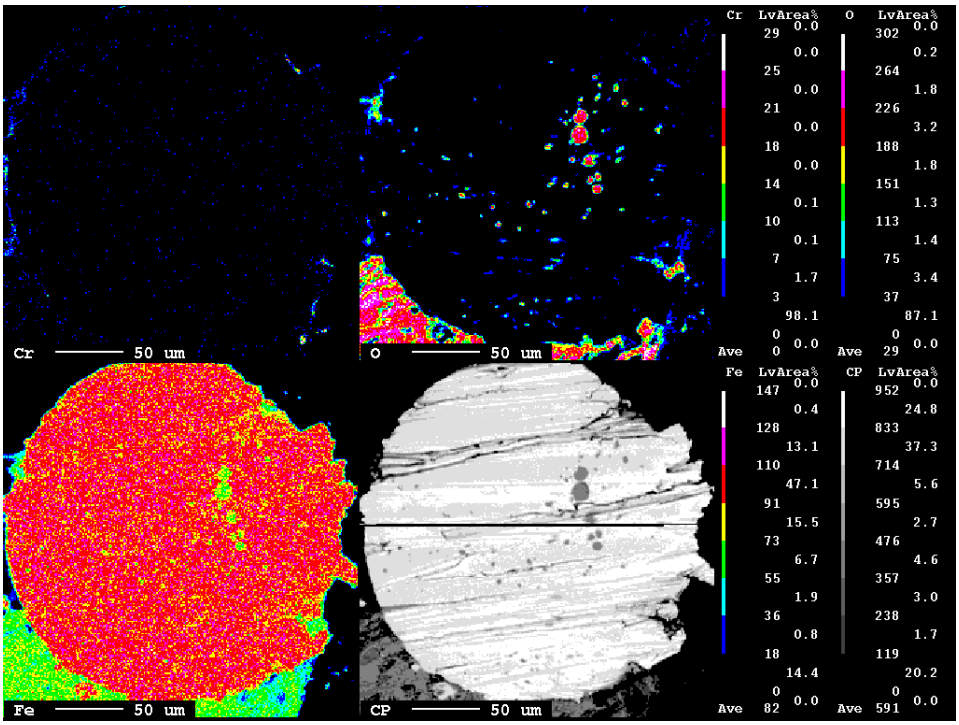


Figura 68 – mapeamento das concentrações em Crómio, Oxigénio e Ferro na esfera de Ferro sem camada de oxidação

Nota-se na imagem que as concentrações em Cr estão localizadas na superfície da esfera havendo penetração para o interior, acompanhada por precipitação, apenas quando existem fissuras que permitam a progressão da solução aquosa de crómio.

As concentrações relativas do ferro evidenciam uma homogeneidade no interior da esfera com depleção na superfície, especialmente marcada nas zonas onde existe crómio. Notam-se também zonas interiores com menor concentração de ferro. São manchas de ferro oxidada no interior da esfera – reparar nos nódulos esferóides localizados na zona central superior direita.

Pelo mapeamento das concentrações em oxigénio nota-se que existem duas zonas com concentrações mais elevadas: a) as zonas em que houve deposição de crómio e b) os nódulos interiores de ferro oxidado, o que evidencia que o oxigénio é um elemento que faz parte da composição dos precipitados de crómio e de ferro, ou mistos formados.

Analisa-se em seguida uma esfera de ferro com uma camada exterior de ferro oxidado. Seleccionou-se a esfera central da primeira fotografia.

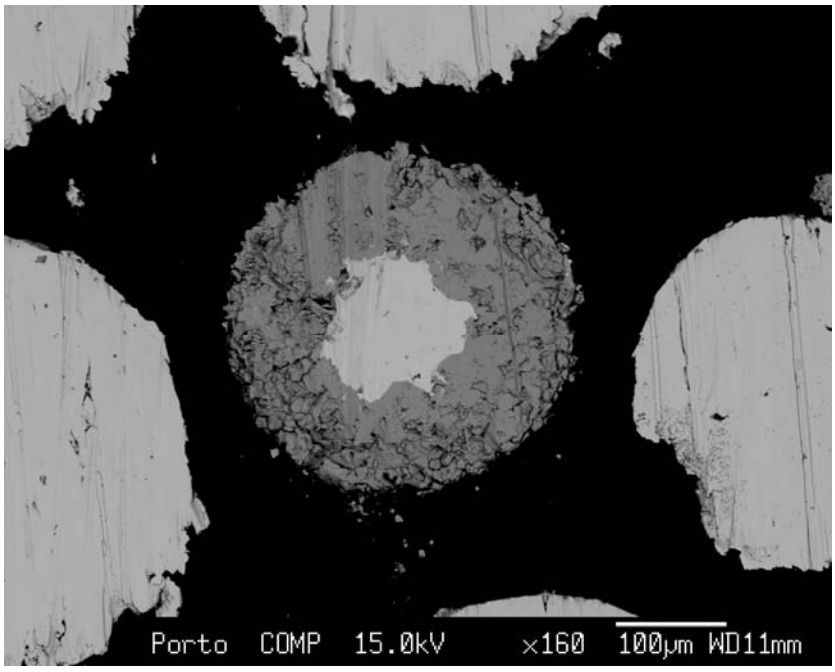


Figura 69 – Fotografia ampliada (160x) de esfera de Ferro com camada de oxidação

Utilizando metodologia idêntica foi feito o mapeamento do crómio, oxigénio e ferro na esfera oxidada seleccionada.

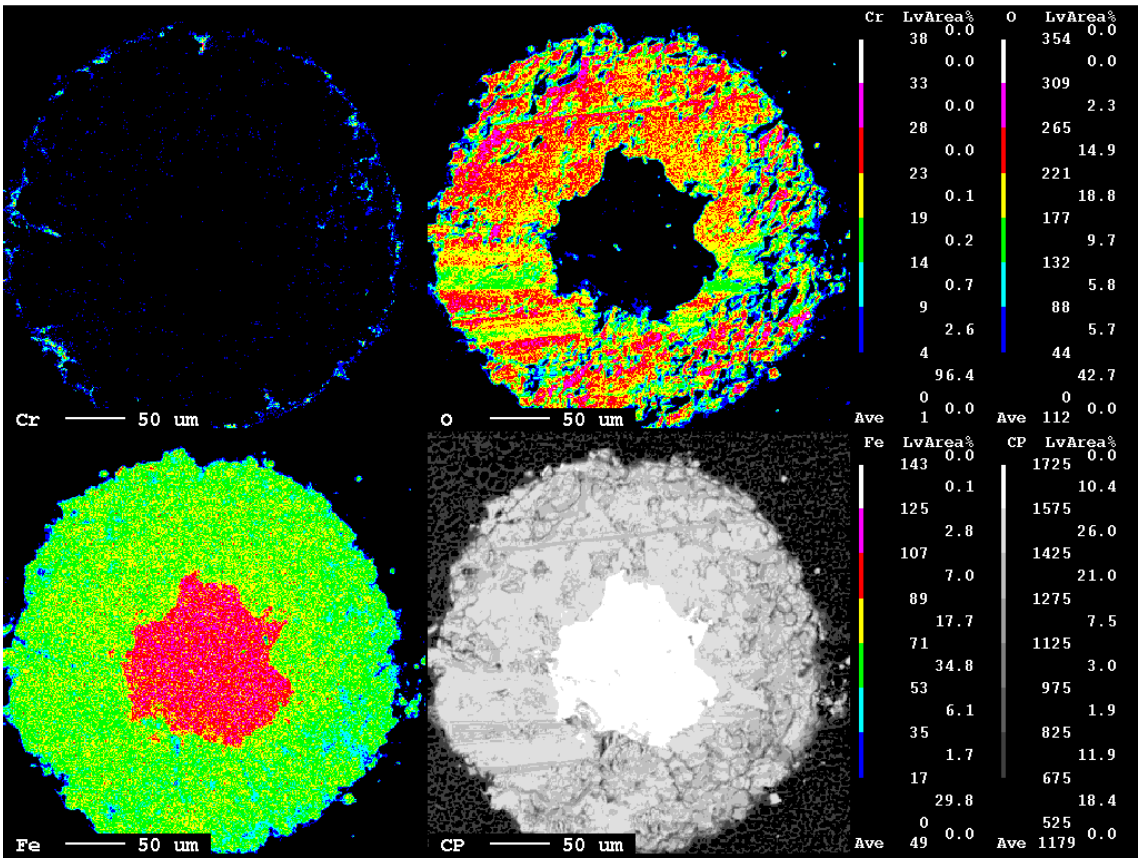


Figura 70 – Mapeamento das concentrações em Crómio, Oxigénio e Ferro na esfera de Ferro com camada de oxidação

Nota-se que a deposição do crómio é feita igualmente na superfície do grão oxidado, havendo penetração para o interior do grão, acompanhada por precipitação do crómio, apenas quando existem fracturas. Pela análise das concentrações em oxigénio e em ferro nota-se a apreciável espessura da camada de produtos oxidados que envolve os grãos de ferro. A porosidade desta camada oxidada não é suficiente para permitir uma progressão fácil da solução aquosa e consequente redução do crómio, seguida de precipitação.

Vamos analisar os resultados da microscopia electrónica com varrimento aplicada a outra esfera de ferro com camada externa de produtos da oxidação. Seleccionou-se o grão representado na figura seguinte, obtido após uma ampliação de 300 vezes.

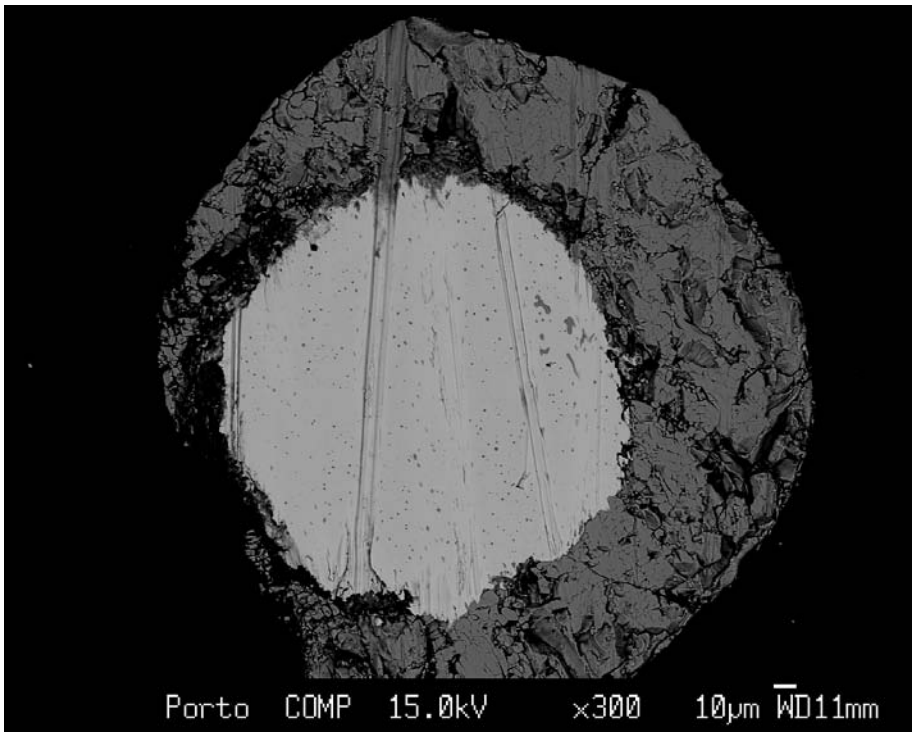


Figura 71 – Fotografia ampliada (300x) de esfera de Ferro com camada de oxidação de espessura variável

Nota-se perfeitamente uma camada externa envolvente, de espessura variável, de produtos oxidados. Os riscos rectilíneos que se notam na figura foram criados no polimento da amostra.

À esfera fez-se uma análise pontual de crómio, oxigénio e ferro, criando os mapas de distribuição representados na figura seguinte, cuja escala é indicada. De notar que a imagem inicial do grão foi rodado 90º.

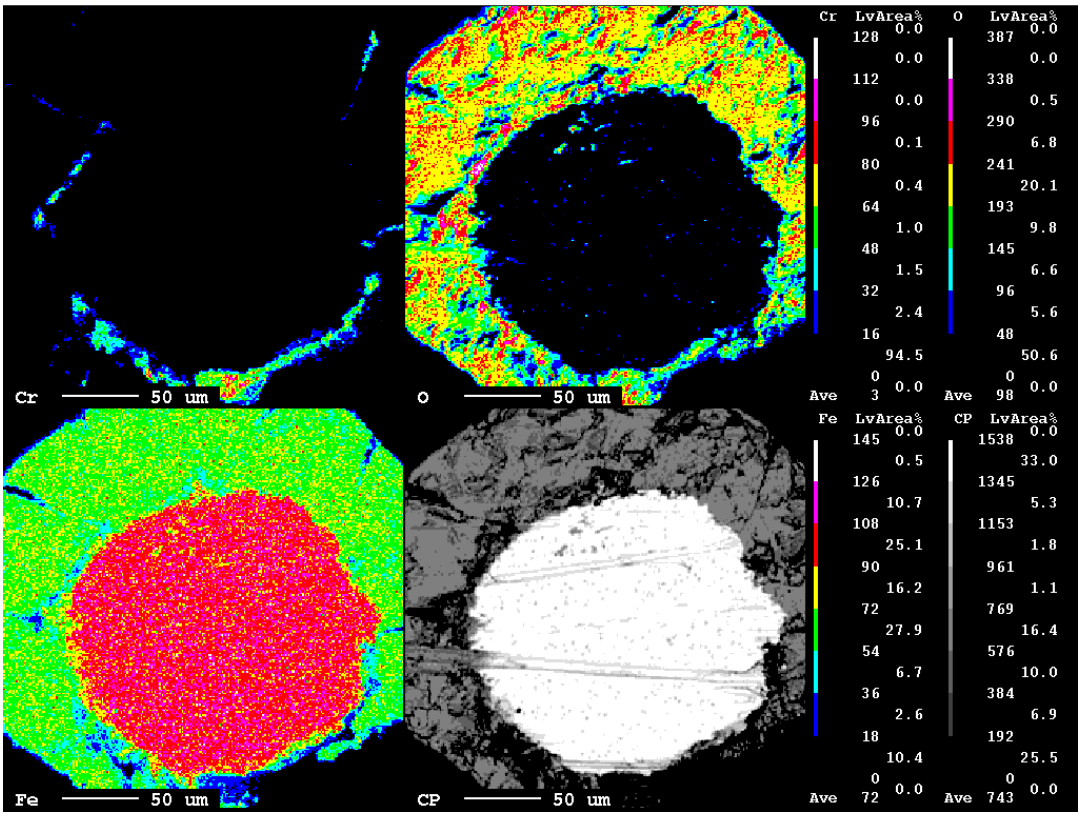


Figura 72 – Mapeamento das concentrações em Crómio, Oxigénio e Ferro na esfera com camada de oxidação de espessura variável

A interpretação é agora um pouco mais complexa. O mapeamento do oxigénio evidencia a camada oxidada, já visível na simples fotografia do grão. As várias fracturas, algumas de elevada extensão relativa, são visíveis pela sua forma. Analisando o mapeamento do crómio verifica-se que a deposição deste se efectua agora preferencialmente na superfície do grão de ferro não oxidado. As concentrações de crómio são mais elevadas quando a espessura de ferro oxidado é mínima, tal como acontece na parte central inferior da esfera de ferro. Verifica-se também que o Cr(VI) em solução aquosa se movimentou através das fracturas de maior dimensão em direcção à componente não oxidada, precipitando parcialmente no percurso efectuado. A camada externa oxidada é neste caso, extremamente porosa, o que explica que a reacção se dê preferencialmente na superfície reduzida.

Analisou-se com uma maior ampliação a parte inferior da figura onde se deu a formação de precipitados, ou de soluções sólidas de crómio. A esfera foi analisada com a orientação inicial com uma ampliação de 850 vezes.

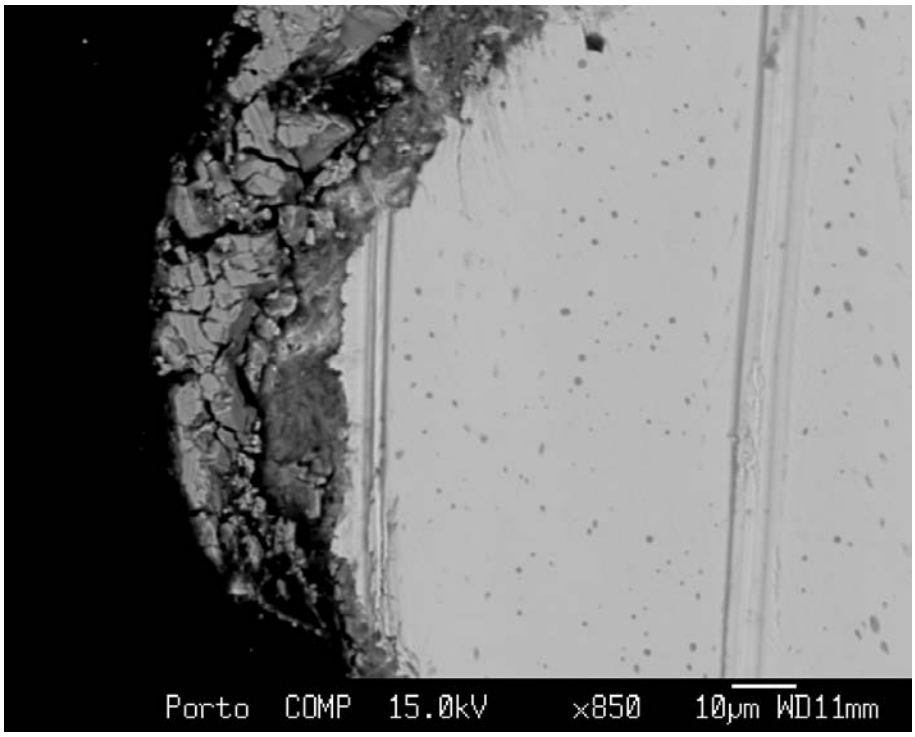


Figura 73 – Pormenor do precipitado sólido (hidróxido Cr-Fe) formado na superfície da esfera de Ferro

O precipitado de hidróxidos de crómio-ferro é nitidamente visível ocupando grande parte da zona envolvente do grão. Sobre esta zona obteve-se uma imagem com o relevo da superfície, utilizando uma ampliação de 700 vezes.

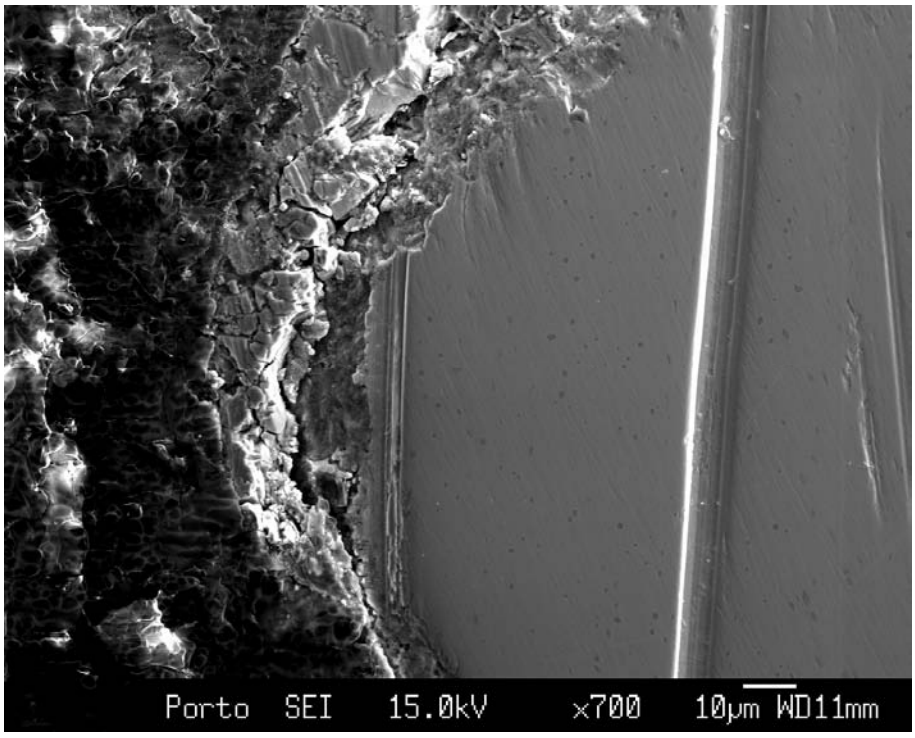


Figura 74 – Pormenor do precipitado sólido em relevo

O relevo externo contrasta notavelmente com a planura da superfície da esfera de ferro polida. Do mesmo modo a sua textura errante, manifestamente não cristalina, igualmente contrasta com o edifício metálico arranjado do ferro inalterado.

4.3.1.2 Análise por microscopia electrónica com varrimento dos precipitados coloidais

À medida que a reacção de redução do Cr(VI) prossegue formam-se precipitados coloidais cuja natureza interessa elucidar.

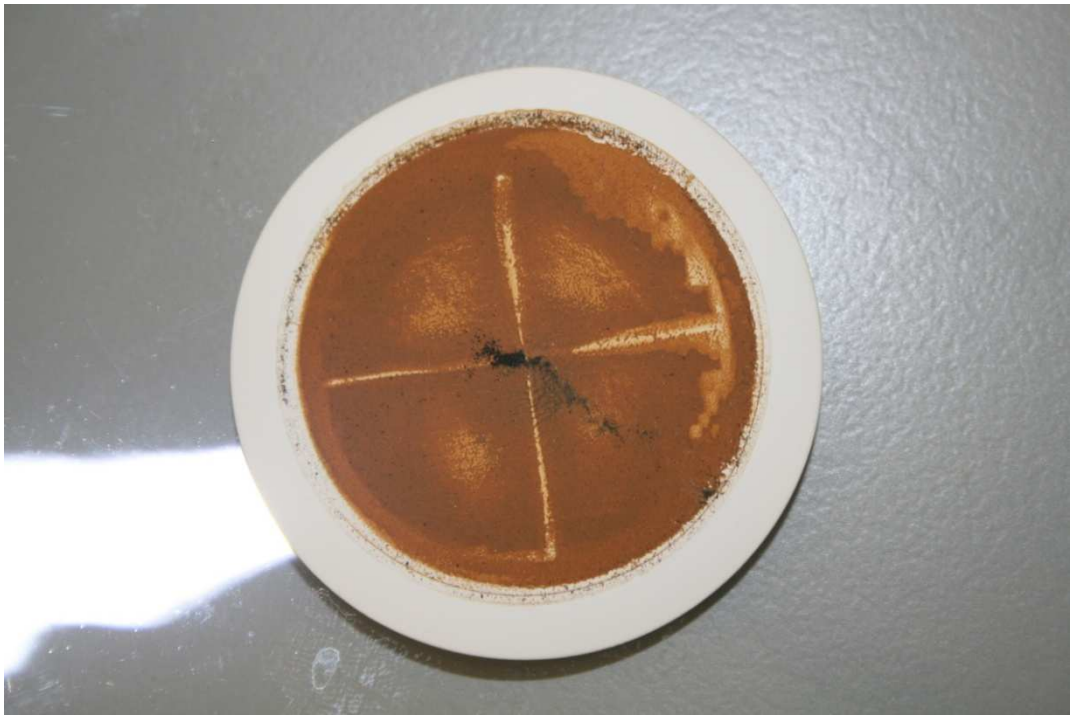


Figura 75 – Filtro de membrana contendo o bolo de filtração

As soluções foram filtradas utilizando membranas celulósicas de 0,45 μm. A figura anterior representa um bolo de filtração distinguindo-se dois produtos – um produto acastanhado predominante e no centro um produto negro de dimensão também coloidal. Um dos bolos de filtração foi montado num suporte de resina apropriado, polido e analisado por microscopia electrónica com varrimento.

A figura seguinte mostra um aspecto do precipitado com uma ampliação de 40 vezes. Os precipitados têm uma forma alongada com uma dimensão preferencial.

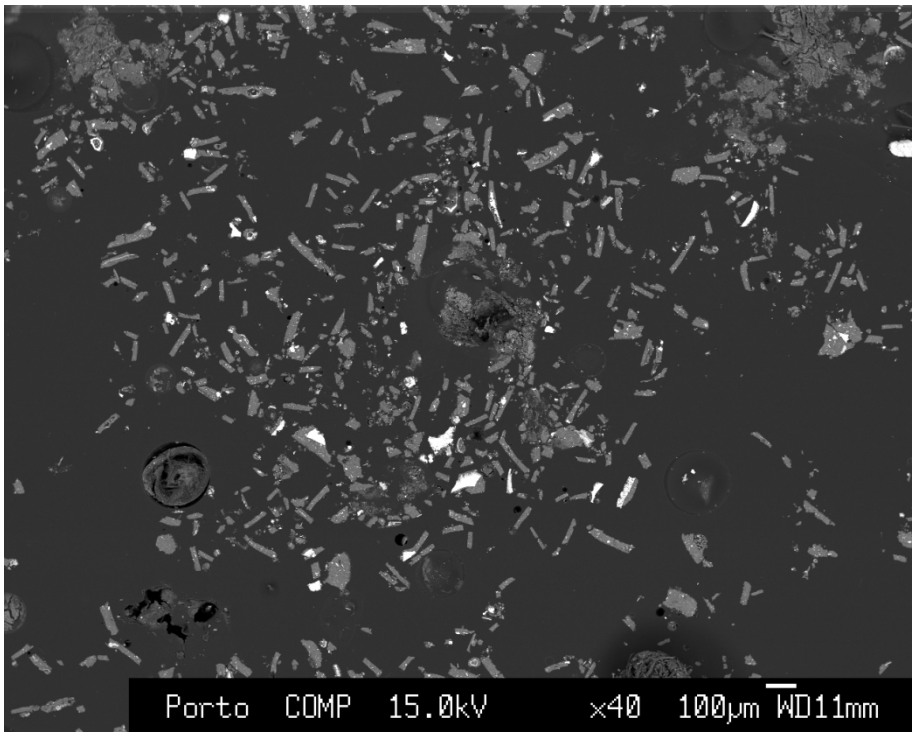


Figura 76 – Fotografia ampliada (40x) do precipitado

Da análise conjunta dos mapeamentos em crómio, oxigénio e ferro podemos tirar as seguintes conclusões:

- Existem dois tipos de produtos precipitados; um constituído por crómio, ferro e oxigénio e outro constituído apenas por ferro e oxigénio;
- Sempre que existem elevadas concentrações relativas de crómio, existe simultaneamente ferro e oxigénio o que indica a formação de precipitados mistos hidroxados de crómio e ferro;
- O ferro pode precipitar por si só, não reagindo com o crómio, numa forma hidroxada.

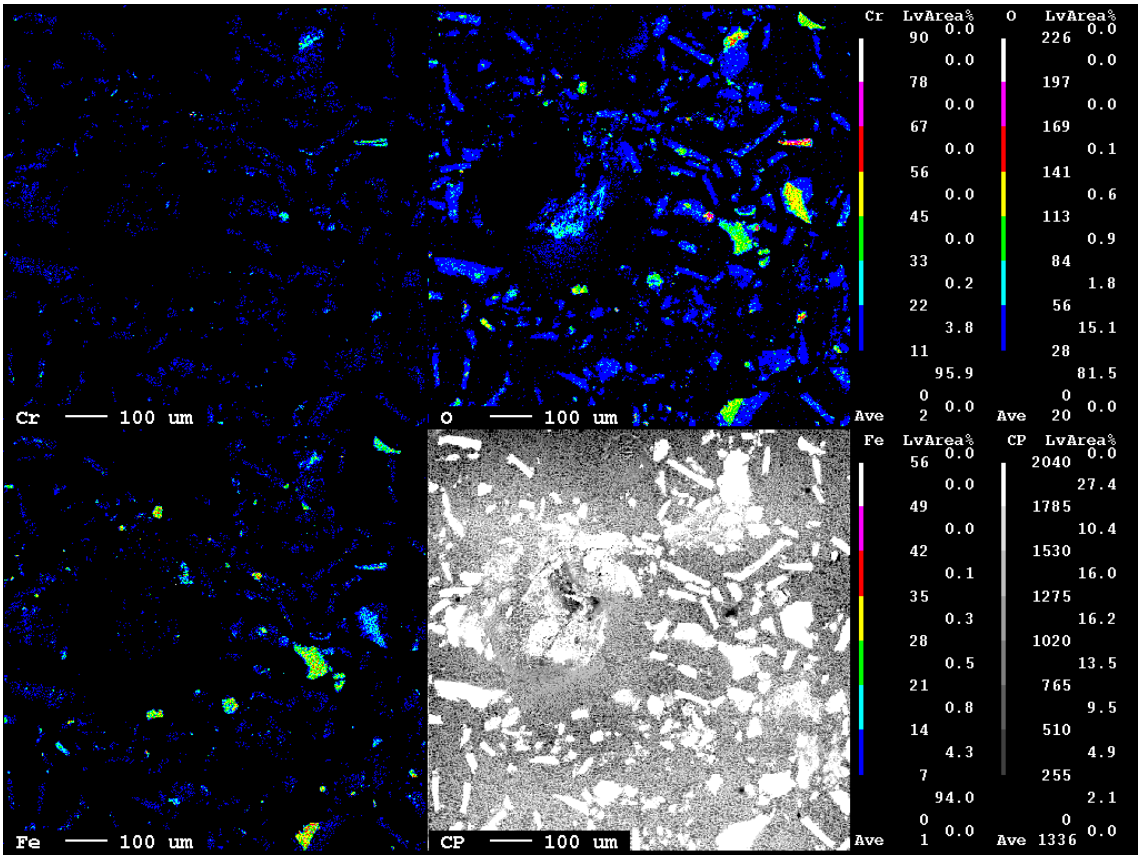


Figura 77 - Mapeamento das concentrações em Crómio, Oxigénio e Ferro no precipitado

A figura seguinte mostra uma ampliação muito elevada (1100 vezes) de uma partícula com um precipitado misto de hidróxidos de ferro e crómio. Aparentemente formam uma sólida sólida mista de dimensão coloidal.

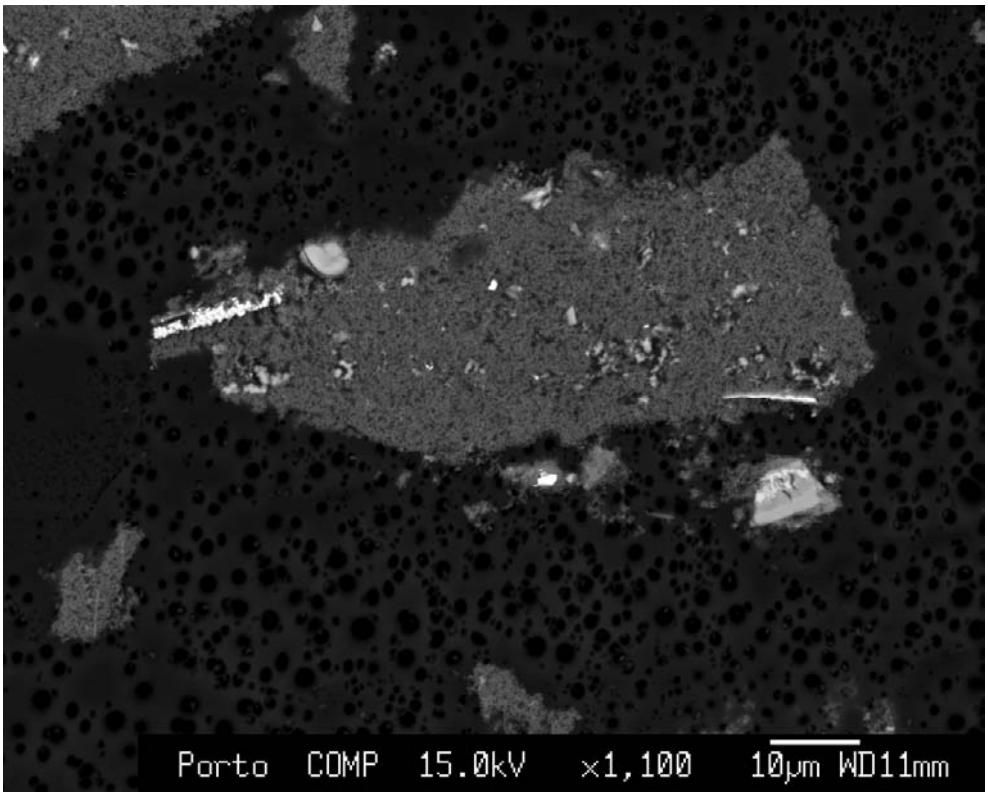


Figura 78 – Fotografia ampliada (1100x) de partícula de precipitado misto de hidróxidos de Fe-Cr

Os precipitados foram em seguida submetidos a uma análise semi-quantitativa por fluorescência de raios X. Os resultados obtidos, na forma de ordenação por ordem decrescente de concentrações relativas, foram os seguintes; Fe, Cr, Si, Mg, Al e S. O crómio passou a ser o segundo constituinte mais relevante no precipitado.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES

Os resultados relativos à variação da concentração de Cr (VI) no decorrer dos diferentes ensaios permitem concluir que:

- Antes do início da reacção com o Cr (VI) o ferro necessita de um tratamento de lavagem ácida para remoção da oxidação superficial;
- A camada externa das esferas de ferro, constituída por produtos da reacção, apresenta uma baixa porosidade, restringindo a difusão da solução de Cr (VI) até ao núcleo reactivo de ferro;
- Apesar de aparentemente o ferro ser o reagente em excesso, a deposição de produtos da reacção na sua superfície torna a reacção mais lenta, ao ponto de eventualmente esta cessar. Esta passivação da superfície do ferro pode ser contrariada pela remoção periódica da camada de produtos da reacção através de lavagens das partículas de ferro com ácido.
- Se a camada de produtos atingir uma elevada espessura a reacção praticamente cessa, facto que é confirmado pela estabilização da concentração de Cr (VI) na solução;
- As lavagens intermédias com ácido para remoção da camada oxidada constituída por produtos da reacção que reagiram completa ou incompletamente, regeneram a capacidade do ferro para reduzir o Cr (VI); Esta acção promove a reabilitação do ferro tornando eficaz a degradação do Cr (VI) que é convertido em precipitados mistos;
- A superfície específica é uma característica muito importante na obtenção de resultados na descromitização, porque quanto maior for a superfície livre de ferro maior é a área para contacto com o Cr (VI) e a reacção é predominantemente superficial;
- A mesma massa de esferas de ferro disponibiliza, para calibres mais pequenos, maior área superficial disponível para a redução do Cr (VI);
- No entanto, para partículas de ferro puro de dimensão superior a 0,30 – 0,60 mm não foi detectada este dependência entre a eficiência e a área específica.
- A acumulação de produtos da reacção ou transformação incompleta dos constituintes das esferas de ferro conduz à diminuição acentuada da velocidade da reacção;

Análise da influência da granulometria inicial

- Para esferas de calibre 0,30-0,60mm concluiu-se que:
    - Nas primeiras horas de contacto com o Cr (VI) o diâmetro das esferas decai notoriamente, o que significa que se pode interpretar a reacção segundo um modelo do tipo "particle shrinking"; não há formação de uma camada espessa de produtos da reacção sendo estes libertados para o seio da solução.
    - Após alguns dias, o diâmetro aumenta devido aos constituintes das esferas que ainda não reagiram por completo ou permanecem fixados na sua superfície; esta camada de produtos apresenta alguma porosidade insuficiente à percolação da solução de Cr (VI) até ao núcleo de ferro, cessando a remoção de Cr (VI) da solução; neste estágio mais lento o controlo é efectuado pela difusão através da camada de produtos da reacção;

- Para esferas de calibre 0,80-1,20mm sem tratamento intermédio permitem concluir que:
    - Há diminuição do calibre inicial das esferas e formação de precipitados seguido de aumento do calibre; significa que no primeiro estágio da reacção assiste-se à difusão rápida da solução através da camada limite e no passo seguinte a velocidade da reacção diminui drasticamente por dificuldade em atravessar a camada de produtos que envolve o núcleo de ferro;

- Para esferas de calibre 0,80-1,20mm com lavagens intermédias permitem conclui que:
    - Há diminuição do calibre após lavagem das esferas, dado que este tratamento regenera a superfície do ferro e permite a reacção de redução do Cr (VI);
    - As lavagens intermédias permitem a remoção total do Cr (VI) da solução;

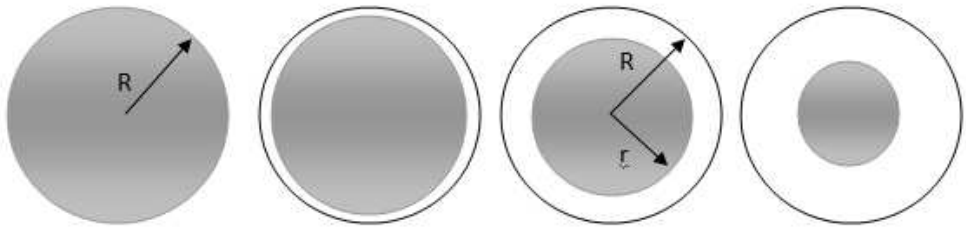
Os resultados relativos ao exame por microscopia electrónica das esferas reagidas e ao seu mapeamento por fluorescência de raios X permitem concluir que:

- Existem dois tipos de grânulos de ferro: um constituído apenas pelo edifício metálico cristalino (tipo I) e outros rodeados por uma camada de oxidação formada por óxidos/hidróxidos de ferro (tipo II);
- Nos grânulos do tipo I a reacção ocorre na superfície da esfera; Podemos interpretar o mecanismo da seguinte forma:
    - Difusão do Cr (VI) da solução bruta até à superfície da esfera através da camada-limite de Nernst;
    - O Cr (VI) em contacto com o ferro metálico é reduzido a Cr(III) havendo formação na superfície do grânulo de precipitados sólidos mistos de hidróxidos de ferro e de crómio, de dimensão colóidal;
    - Esta reacção é acompanhada por um consumo de ferro metálico que se traduz num decréscimo da massa de ferro e portanto na redução do seu calibre;
    - Os precipitados colóidais abandonam a superfície para o exterior da camada limite de Nernst, separando-se dos grãos e passando a ter uma existência autónoma;

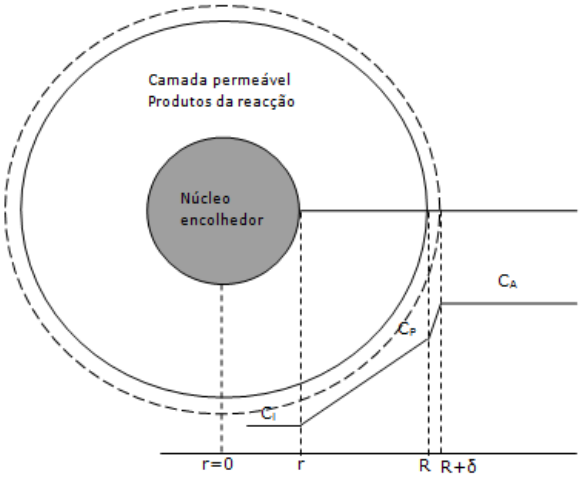
- Para os grãos do tipo II (oxidados) a cinética das reacções é muito mais lenta; se a espessura da camada de oxidação for elevada e homogénea, não sendo o grão facturado, o crómio é reduzido na superfície do próprio grão, tal como nos grãos do tipo I, mas com uma velocidade bastante mais lenta;
- Para os grãos do tipo II em que a camada externa de produtos da oxidação é extremamente fracturada, ou apresenta uma espessura heterogénea com zonas de espessura reduzida, a reacção dá-se ou na superfície no grão de ferro não oxidado, ou nas fracturas, sendo a cinética de difusão, para essas distâncias curtas, ou através das fracturas, mais rápida que a reacção de oxidação/redução na superfície do ferro oxidado.

Dos modelos apresentados para explicar o mecanismo da oxidação do ferro elementar pelo Cr (VI) verifica-se que o “Shrinking Core Model” é o que melhor se ajusta à maior parte das situações, apesar de haver uma fracção de partículas que segue um modelo conceptual do tipo “shrinking particle”. Apesar de se ter verificado diminuição do calibre das esferas, esse passo da reacção corresponde ao estágio mais rápido em que o controlo é efectuado pela reacção

química. Esta etapa poderia ajustar o Shrinking Particle Model, que verifica apenas o decréscimo progressivo da partícula sem deposição de produtos da reacção na superfície do ferro. Contudo, segue-se o estágio seguinte em que os produtos da reacção fixados na superfície dos grânulos de ferro formam uma camada mais ou menos espessa. Esta camada pode apresentar alguma porosidade e/ou fissuras, porém, a difusão da solução de Cr (VI) através desta camada é difícil e demorada. Este é o episódio mais lento da reacção. A reacção demora a concluir-se, pelo que os produtos da reacção incompleta encontram-se fixados na superfície da esfera. A difusão através da camada de produtos da reacção é a etapa mais lenta da reacção. Poderia ajustar-se o modelo correspondente á situação de difusão através da camada de produtos, contudo a difusão através da camada limite de Nernst também constitui um obstáculo à percolação da solução de Cr (VI). O modelo que provavelmente melhor se adapta é o Shrinking Core Model com controlo misto.



A concentração da solução em Cr (VI) é uniforme até R+δ e diminui ligeiramente até R, o que significa que a concentração possui um gradiente decrescente dentro dos limites da camada de Nernst no sentido da solução para a esfera. Dentro da camada de produtos da reacção cuja espessura é muito superior à espessura da camada limite, ocorre um decréscimo mais acentuado na concentração de Cr (VI) na solução. Na interface do núcleo da partícula onde se encontra o ferro reactivo a concentração da solução é praticamente nula.


Camada permeável
Produtos da reacção
Núcleo
encolhedor
C_A
C_P
C_I
r=0
r
R
R+δ

CAPÍTULO 6 – AVALIAÇÃO DO TRABALHO REALIZADO

6.1 OBJECTIVOS REALIZADOS

A investigação permitiu esclarecer e estabelecer os mecanismos da redução do Cr (VI) pelo Ferro. Verifica-se em grande parte das situações uma deposição de uma camada de produtos da reacção envolvendo a superfície livre do ferro, que continua a reagir com uma cinética mais lenta, agora controlada pela difusão através dessa camada de produtos. Quando esta camada exterior de produtos é removida por lavagem periódica as partículas de ferro decrescem continuamente de calibre no tempo. Os produtos da reacção são removidos da camada externa, com uma cinética própria dependente da sua fracturação, constituindo precipitados coloidais em suspensão e/ou sedimentados.

A remoção do Cr (VI) no ensaio 3 que incluiu lavagens periódicas permitiu concluir que a cinética é muito mais rápida devido à contínua remoção da camada de produtos da reacção. A eficiência é também muito mais elevada.

O objectivo principal de interpretar a fenomenologia das reacções envolvidas através do ajuste de um modelo teórico conceptual que revelasse os mecanismos ocorridos à superfície do ferro foi alcançado. Estes resultados não estão publicados na bibliografia e constituem um esclarecimento fundamental na fenomenologia desta reacção.

A investigação permitiu também estabelecer, com base na fenomenologia, quais são os modelos de cinética heterogénea mais aplicáveis.

6.2 OUTROS TRABALHOS REALIZADOS

No inicio das experiências, houve um conjunto de ensaios cujos resultados não puderam ser utilizados devido a uma descalibração do espectrofotómetro. Houve que corrigir os procedimentos experimentais de construção das curvas de calibração.

6.3 APRECIAÇÃO FINAL

O trabalho desenvolvido constitui um passo importante e extremamente relevante no conhecimento do mecanismo da corrosão do ferro elementar e remoção do Cr (VI) de águas contaminadas. A aplicação do ferro elementar como reagente em tecnologias de regeneração de solos e aquíferos contaminados com Cr (VI) constitui uma medida viável na eliminação desse contaminante.

BIBLIOGRAFIA

Altundogan, H. Soner; Cr(VI) removal from aqueous solution by iron (III) hydroxide-loaded sugar beet pulp. Process Biochem. 2005, 40, 1443-1452.

AWWA, APHA, WEF, Standard methods for the examination of water and wastewater, 18th ed. Washington DC; 1992.

Biswajit Mukhopadhyay; Jon Sundquist; Rodney J. Schmitz. Removal of Cr(VI) from Cr-contaminated groundwater through electrochemical addition of Fe(II). J. Environ. Manage. 2007, 82, 66-76.

Blowes, D.W., Gillham, R.W. and Ptacek, C.J., Puls, R.W. 2000. An in situ permeable reactive barrier for the treatment of hexavalent chromium and trichloroethylene in groundwater: Vol. 1 Design and installation. EPA/600/R-99/095a, University of Waterloo, Jan., 2000.

Blowes, D.W., Ptacek C.J., Hanton-Fong, C.J. and Jambor, J.L. 1995a. In situ remediation of chromium contaminated groundwater using zero-valent iron. In Proc. 213th Am. Chem. Soc. Natl Mtg, Environ. Chem. Div., Anaheim, CA, April 2-7, Vol. 35, pp. 780-783.

Blowes, D.W., Ptacek, C.J., Jambor, J.L. 1997. In-situ remediation of chromate contaminated groundwater using permeable reactive walls: Laboratory studies. Environ. Sci. Technol., 31(12) 3348-3357.

Blowes, David W.; Gillham, Robert W.; Ptacek, Carol J.; Puls, Robert W.; Bennett, Timothy A; O'Hannesin, Stephanie F.; Hanton-Fong, Christine J.; Bain, Jeffrey G. "An In Situ Permeable Reactive Barrier for the Treatment of Hexavalent Chromium and Trichloroethylene in Ground Water": Volume 1 - Design and Installation. United States Environmental Protection Agency, September 1996

Blowes, David W.; Ptacek, Carol J.; Jambor, John L.. In-Situ remediation of Cr(VI)-contaminated groundwater using permeable reactive walls: laboratory studies. Environ. Sci. Technol. 1997, 31, 3348-3357.

Carvalho, G.; Silva, Aurora; Delerue-Matos, Cristina; Veja y Fuente, A. and Fiúza, António "Chromium remediation using zero valent iron-batch studies", Resumo das Comunicações ao IJUP08-first Meeting of young researchers of U.Porto pag.136, Porto, 2008

Castelo-Grande, Teresa (s.d.). Técnicas de Descontaminação de Solos: uma revisão.

Delerue-Matos, C.; Silva, A.; Silva, T.; Viera, E.; Fiúza, A. "Trichloroethylene Quantification in Polluted Groundwater", Euroanalysis XIV- European Conference on Analytical Chemistry, 51-S17, Antuérpia, 2007.

Erdem, M.; Altundogan, H. S.; Turan, M. D.; Tumen, F.; Hexavalent chromium removal by ferrochromium slag. J. Hazard. Mater. B. 2005, 126, 176–182.

Erdem, M.; Tumen, F;. Chromium removal from aqueous solution by the ferrite process. J. Hazard. Mater B 2004, 109, 71-77.

Fiúza, A.; Vila, C.; Futuro, A.; Leite, A.; Fuente, A.; Matos, C.; Silva, A.; Vieira, E.; Silva, T.; Dias, D.; Miranda, M.; Carvalho, G..Protocolos Experimentais para Determinação dos Parâmetros de Dimensionamento de Barreiras Reactivas Permeáveis. Julho 2008.

Fiúza, A. (s.d.). Processos Quimicos de Separação, Texto base para uma disciplina do 4º ano da LEMG.

Fiúza, A. (2004). Protecção e Reabilitação de Solos e Aquíferos Contaminados.

Fiúza, A.(2003). Aquisição e Análise de Dados

Gheju, M.; Lovi, A.; Kinetics of hexavalent chromium reduction by scrap iron. J. Hazard. Mater. B. 2006, 135, 66-73.

Gould, J. P. The kinetics of hexavalent chromium reduction by metallic iron. Water Res. 1982, 16, 871-877.

Guha, S.; Bhargava, P.. Removal of chromium from synthetic plating waste by zerovalent iron and sulfate-reducing bacteria. Water Environ. Res. 2005, 77, 4, 411-416.

http://www.thinkfn.com/wikibolsa/Distribui%C3%A7%C3%A3o_log-normal (Julho 2009)

Hu, Jing; Lo, Irene M.C.; Chen, Guohua. "Comparative study of various magnetic nanoparticles for Cr(VI) removal." Sep. Purifi. Technol. 2007, 56, 249-256.

Legrand, L.; El Figuigui, A.; Mercier , F. and Chausse, A.. Reduction of aqueous chromate by Fe(II)/Fe(III) carbonate green rust: kinetic and mechanistic studies. Environ. Sci. Technol. 2004, 38, 17, 4587-4595.

Li-Yang Chang. Chromate reduction in wastewaters at different pH levels using thin iron wires-a laboratory study. Environ. Prog. 2005, 24, 305-316.

Loyaux-Lawniczak, S.; Refait, P.; Ehrhardt, J. J.; Lecomte, P.; Genin, J.M.R.; Trapping of Cr by formation of ferrihydrite during the reduction of chromate ions by Fe(II)-Fe(III) hydroxysalt green rusts. Environ. Sci. Technol. 2000, 34, 438-443.

Melitas, N.; Chuffe-Moscoso, O.; Farrell, J.;. Kinetics of soluble chromium removal from contaminated water by zerovalent iron media: corrosion inhibition and passive oxides effects. Environ. Sci. Technol. 2001 35, 3948-3953.

Pourahmad, Jalal; Rabiei, Maryam; Jokar, Farzaneh; O'Brien, Peter "A comparison of hepatocyte cytotoxic mechanisms for chromate and arsenite". Toxicology 2005, 206, 449-460.

Powell, R.M., Puls, R.W., Hightower, S.K. and Sabatini, D.A. 1995. Coupled iron corrosion and chromate reduction:Mechanisms for subsurface remediation. Environ. Sci. Technol., 29 (8), 1913-1922.

Puigdomenech, Ignasi Hydra/Medusa Chemical Equilibrium Database and Plotting Software 2004, KTH Royal Institute of Technology, Sweden.

Silva, A.; Dias, D.; Miranda, M.; Delerue-Matos, C.; V. de la Fuente, A.; Fiúza, A. "Trichloroethylene degradation by different types of iron", IWA World Water Congress, Wien, Austria, September 2008

Vega de la Fuente, A.; Silva, A.; Carvalho, G.; Delerue-Matos, C.; Fiúza, A. “Pretreatment Of Zero-Valent Iron For Reactive Permeable Barriers In Chromium (VI) Remediation”, Consoil 2008, Milano, Italy, 3-6 June 2008

Yamamoto, J.; Avaliação e Classificação de Reservas Minerais

Yang, J.E.; Kim, J.S.; Ok, Y. S.; Yoo, K.R. Mechanistic evidence and efficiency of the Cr(VI) reduction in water by different sources of zerovalent irons. Water Sci. Technol. 2007, 55, 1-2, 197-202.

Yinhui Xu; Dongye Zhao. Reductive immobilization of chromate in water and soil using stabilized iron nanoparticles. Water Res. 2007, 41, 2101-2108.

ANEXOS

ÍNDICE

Anexos ..... - 1 -

Índice ..... - 3 -

A Preparação de Soluções ..... - 7 -

A.1 Soluções de Dicromato de Potássio ..... - 7 -

A.1.1 Solução de dicromato de potássio $[Cr] = 200mg/L$ ..... - 7 -

A.1.2 Solução de dicromato de potássio $[Cr] = 25mg/L$ ..... - 9 -

A.1.3 Solução de dicromato de potássio $[Cr] = 2mg/L$ ..... - 11 -

A.2 Soluções de Ácido Sulfúrico ..... - 12 -

A.2.1 Solução de Ácido Sulfúrico 0,2N ..... - 12 -

A.2.2 Solução de Ácido Sulfúrico 1M ..... - 14 -

B Captação das Imagens das Esferas de Ferro ..... - 17 -

C Funcionamento do Software para Tratamento de imagem ..... - 21 -

D Tratamento das imagens das Esferas de Ferro ..... - 25 -

D.1 Copo 1 – Esferas de Ferro de Granolumetria 0,30 - 0,60mm ..... - 25 -

D.1.1 Dia 0 (21-Abril-2009) ..... - 25 -

D.1.2 Dia 3 (24-Abril-2009) ..... - 47 -

D.1.3 Dia 6 (27-Abril-2009) ..... - 69 -

D.1.4 Dia 8 (29-Abril-2009) ..... - 90 -

D.1.5 Dia 20 (11-Maio-2009) ..... - 115 -

D.2 Copo 2 – Esferas de Ferro de Granolumetria 0,80 – 1,20mm sem tratamento intermédio - 137 -

D.2.1 Dia 0 (21–Abril-2009).....- 137 -

D.2.2 Dia 3 (24-Abril-2009) .....- 169 -

D.2.3 Dia 6 (27-Abril-2009) .....- 201 -

D.2.4 Dia 8 (29-Abril-2009) .....- 233 -

D.2.5 Dia 14 (05-Maio-2009) .....- 265 -

D.2.6 Dia 17 (08-Maio-2009) .....- 297 -

D.2.7 Dia 24 (15-Maio-2009) .....- 328 -

D.2.8 Dia 27 (18-Maio-2009) .....- 359 -

D.3 Copo 3 – Esferas de Ferro de Granolumetria 0,80 – 1,20mm com tratamento intermédio - 391 -

D.3.1 Dia 0 (21–Abril-2009).....- 391 -

D.3.2 Dia 3 (24-Abril-2009) .....- 423 -

D.3.3 Dia 6 (27-Abril-2009) .....- 455 -

D.3.4 Dia 8 (29-Abril-2009) .....- 487 -

D.3.5 Dia 14 (05-Maio-2009) .....- 519 -

D.3.6 Dia 17 (08-Maio-2009) .....- 551 -

D.3.7 Dia 24 (15-Maio-2009) .....- 583 -

D.3.8 Dia 27 (18-Maio-2009) .....- 615 -

D.3.9 Dia 30 (21-Maio-2009) .....- 647 -

D.3.10 Dia 31 (22-Maio-2009) .....- 679 -

D.3.11 Dia 36 (27-Maio-2009) .....- 711 -

E Programação Matlab utilizada no Tratamento dos Resultados .....- 743 -

E.1 Programa “grain”.....- 743 -

E.2 Programa “timevol1”.....- 744 -

E.3 Programa “timevol2”.....- 746 -

E.4 Programa “timevol3”.....- 748 -

F Características da Distribuição Lognormal.....- 751 -

A PREPARAÇÃO DE SOLUÇÕES

A.1 SOLUÇÕES DE DICROMATO DE POTÁSSIO

A.1.1 SOLUÇÃO DE DICROMATO DE POTÁSSIO $[Cr]=200mg/L$

Para o cálculo da massa de dicromato de potássio a pesar foram usados os seguintes dados:

$M(K)=39{,}10g/mol;$
$M(Cr)=52{,}00g/mol;$
$M(O)=16{,}00g/mol;$
$M(Cr_2)=2\times52{,}00=104g/mol$
$M(K_2Cr_2O_7)=2\times39{,}10+2\times52{,}00+7\times16{,}00=294{,}20g/mol$
$[Cr]_{pretendida}=200mg/L$
$Volume_{pretendido}=0{,}5L$

$$Massa=\frac{294{,}20\times\left(200\times10^{-3}\times0{,}5\right)}{104{,}00}=0{,}2829g$$

A massa de dicromato de potássio dissolvida em água desmineralizada num balão de 500 mL foi 0,2829g.





ILUSTRAÇÃO 1 E ILUSTRAÇÃO 2 – ASPECTO E PESAGEM DE DICROMATO DE POTÁSSIO

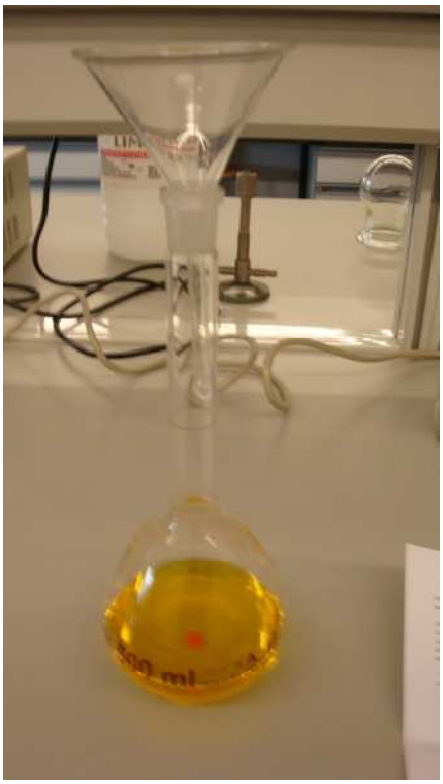


ILUSTRAÇÃO 3 – PREPEARAÇÃO DA SOLUÇÃO DE [CR]=200MG/L

A.1.1.1 Material

- Vidro de relógio
- Espátula
- Funil
- Balança decimal
- Dicromato de potássio
- Água desmineralizada

A.1.1.2 Procedimento

- Colocou-se um vidro de relógio sobre a balança decimal de alta precisão e tarou-se;
- Com a ajuda de uma espátula retirou-se do recipiente de armazenamento para o vidro de relógio uma massa de 0,2829g de dicromato de potássio;
- Colocou-se um pouco de água desmineralizada num balão de 500mL;

- Colocou-se um funil na boca do balão e introduziu-se a massa de dicromato pesada dentro do balão;
- Lavou-se o vidro de relógio por cima do funil, retirando todas as partículas de dicromato;
- Encheu-se o balão com água desmineralizada até à linha do menisco;

A.1.2 SOLUÇÃO DE DICROMATO DE POTÁSSIO $[Cr] = 25mg/L$

Na preparação desta solução utilizou-se a solução de dicromato de potássio $[Cr] = 200mg/L$ preparada anteriormente.

O volume de solução $[Cr] = 200mg/L$ a diluir em 2L e 1L é dado pela fórmula:

$$CiVi = CfVf \quad \text{(A.1)}$$

Solução 1

$Dados$:
$Ci = 200mg/L$
$Cf = 25mg/L$
$Vf = 2L$
$Cálculo$:
$200 \times Vi = 25 \times 2$
$Vi = 0{,}250L = 250mL$

Solução 2

Dados:
$Ci = 200 mg / L$
$Cf = 25 mg / L$
$Vf = 1 L$
Cálculo:
$200 \times Vi = 25 \times 1$
$Vi = 0{,}125 L = 125 mL$

A.1.2.1 Material

- Balões de 2000 mL e1000mL
- Pipetas de vidro de 100mL, 50 mL e 25mL
- Pipetador automático
- Água desmineralizada

A.1.2.2 Procedimento

- Para a preparação da solução 1 pipetou-se 250 mL de solução $[Cr] = 200 mg / L$ para um balão de 2L e perfez-se o volume com água desmineralizada

- Para a preparação da solução 2 pipetou-se 125 mL de solução $[Cr] = 200 mg / L$ para um balão de 1L e perfez-se o volume com água desmineralizada

A.1.3 SOLUÇÃO DE DICROMATO DE POTÁSSIO $[Cr] = 2mg/L$

O volume de solução $[Cr] = 200mg/L$ a diluir é dado pela fórmula:

$$CiVi = CfVf \quad \text{(A.1)}$$

$$200 \times Vi = 2 \times 0{,}5$$
$$Vi = 0{,}005L = 5mL$$

A.1.3.1 Material

- Balões de 500mL
- Pipetas de vidro de 5mL
- Água desmineralizada

A.1.3.2 Procedimento

- Para a preparação da pipetou-se 5 mL de solução $[Cr] = 200mg/L$ para um balão de 500 mL e perfez-se o volume com água desmineralizada

A.2 SOLUÇÕES DE ÁCIDO SULFÚRICO

A.2.1 SOLUÇÃO DE ÁCIDO SULFÚRICO 0,2N

A solução de ácido sulfúrico 0,2N foi utilizada na experiência para lavagem das esferas e partículas de Ferro.

O ácido sulfúrico é um ácido diprótico:

$H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO4^{2-}$ ácido diprótico => $N = \frac{M}{2}$

Para cálculo do volume de ácido sulfúrico concentrado a diluir num balão de 500 mL foram considerados os seguintes dados:

$M(H_2SO_4) = 98g/mol$

$\rho_{H_2SO_4} = 1{,}84kg/L(g/cm^3)$

Cálculo da Normalidade:

$1N = \frac{98}{2} g/L = 49g/L$

$0{,}2N = 0{,}2 \times 49g/L = 9{,}8g/L$

Cálculo do volume de ácido sulfúrico concentrado a diluir para 1 L

$volume_H_2SO_4 = \frac{9{,}8g}{1{,}84g/cm^3} = 5{,}32cm^3 = 5{,}32mL$

Cálculo do volume de ácido sulfúrico concentrado a diluir num balão de 500 mL:

$$volume_H_2SO_4 = 5{,}32 \times 0{,}5 = 2{,}66mL \cong 2{,}7mL$$

A.2.1.1 Material

- Balão de 500 mL
- Pipetas de vidro de 2 e 1 mL
- Ácido Sulfúrico concentrado
- Água desmineralizada

A.2.1.2 Procedimento

- Colocou-se água desmineralizada no balão
- Pipetou-se o volume de ácido e adicionou-se à água contida no balão
- Agitou-se com cuidado e perfez-se o volume de 500 mL com água desmineralizada

A.2.2 SOLUÇÃO DE ÁCIDO SULFÚRICO 1M

A solução de ácido sulfúrico 1M foi utilizada durante os ensaios para acertar o valor de pH entre 1,6 e 2,2 das soluções padrão e soluções para análise da concentração em Crómio VI.

Para cálculo do volume de ácido sulfúrico concentrado a diluir num balão de 500 mL foram considerados os seguintes dados:

$M(H_2SO_4) = 98 g/mol$

$\rho_{H_2SO_4} = 1{,}84 kg/L (g/cm^3)$

Cálculo do volume de ácido sulfúrico concentrado a diluir num balão de 500 mL :

$$volume_H_2SO_4_adicionar = \frac{98 g/mol \times 0{,}5 mol}{1{,}84 g/mL} = 26{,}63 m \cong 25 mL$$

Cálculo da concentração real após diluição de 25 mL de ácido concentrado:

$$Concentração_real = \frac{25 mL \times 1 M}{26{,}63 mL} = 0{,}94 M$$

A.2.2.1 Material

- Balão de 500 mL
- Pipeta de vidro de 25 mL
- Ácido Sulfúrico concentrado
- Água desmineralizada

A.2.2.2 Procedimento

- Colocou-se água desmineralizada no balão
- Pipetou-se o volume de ácido e adicionou-se à água contida no balão
- Agitou-se com cuidado e perfez-se o volume de 500 mL com água desmineralizada

B CAPTAÇÃO DAS IMAGENS DAS ESFERAS DE FERRO

Ao iniciar o software CamWare versão 2.12 é visualizada a seguinte imagem.

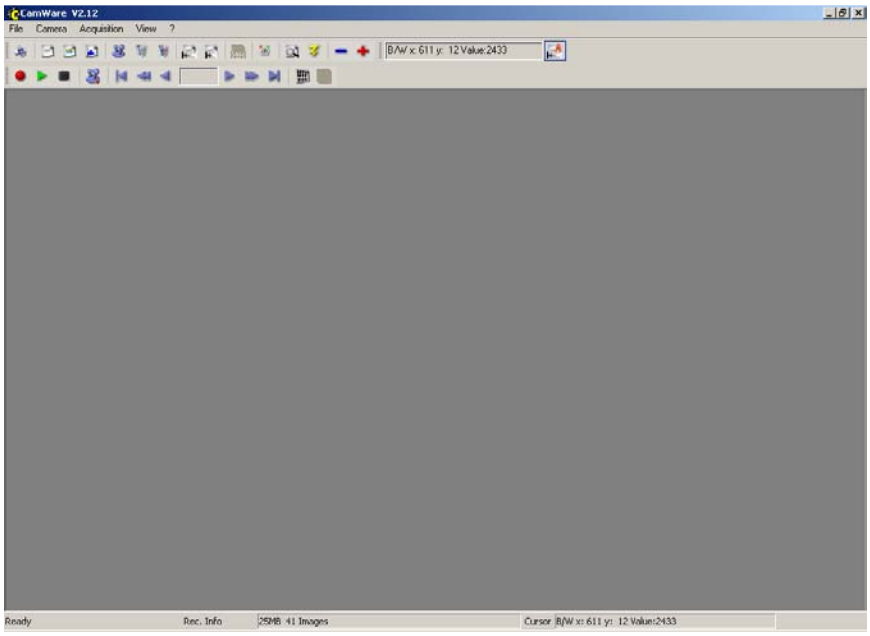


ILUSTRAÇÃO 4 - CAMWARE VERSÃO 2.12

No menu “View” é seleccionada a opção “B/W window”.

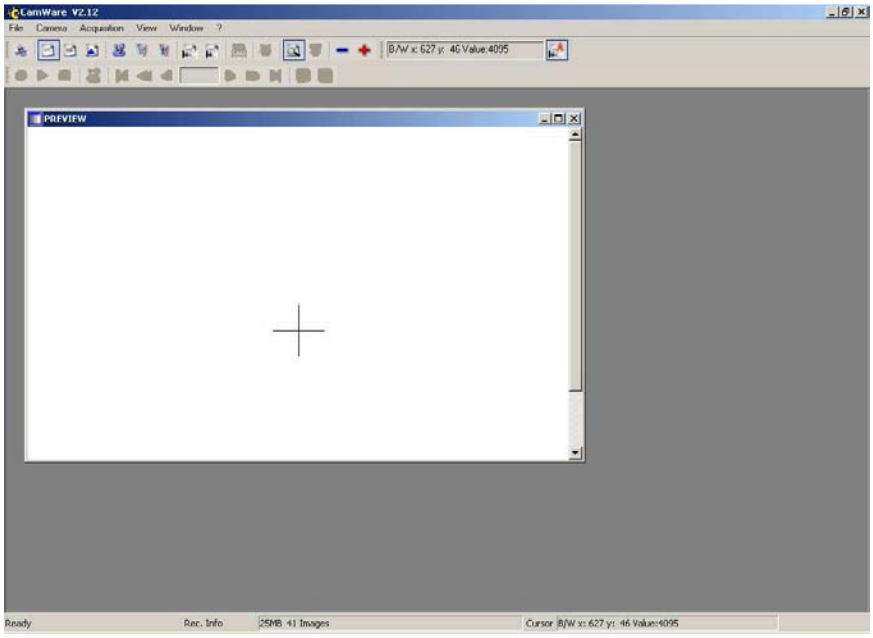


ILUSTRAÇÃO 5 - CAMWARE VERSÃO 2.12 (JANELA DE IMAGEM)

No menu “Acquisition” é seleccionada a opção “Live Preview”, e a imagem surge no monitor.

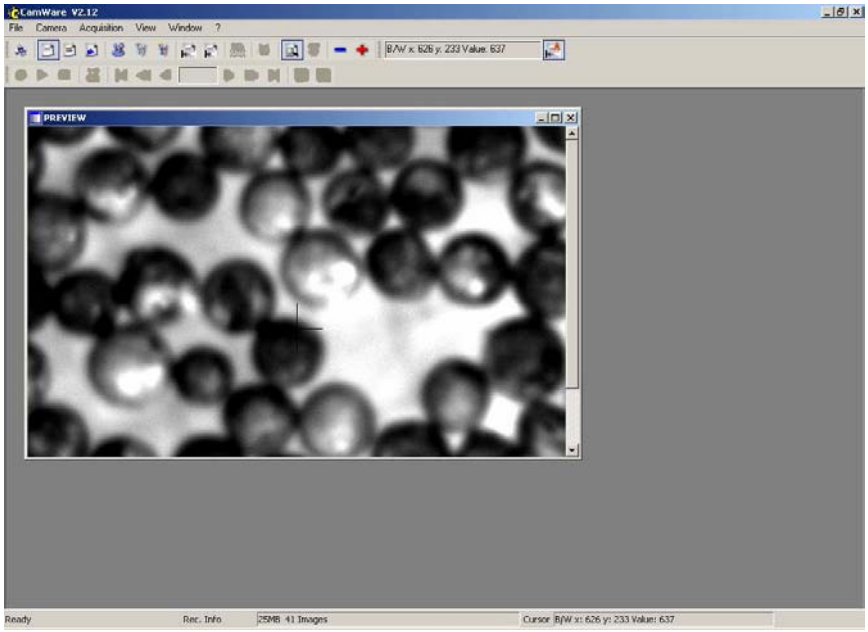


ILUSTRAÇÃO 6 - CAMWARE VERSÃO 2.12 (CAPTAÇÃO DE IMAGEM)

Fazendo movimentar o suporte onde está colocado o copo contendo as esferas de Ferro e manipulando os dispositivos de ampliação da câmara, ajusta-se a qualidade da imagem obtida.

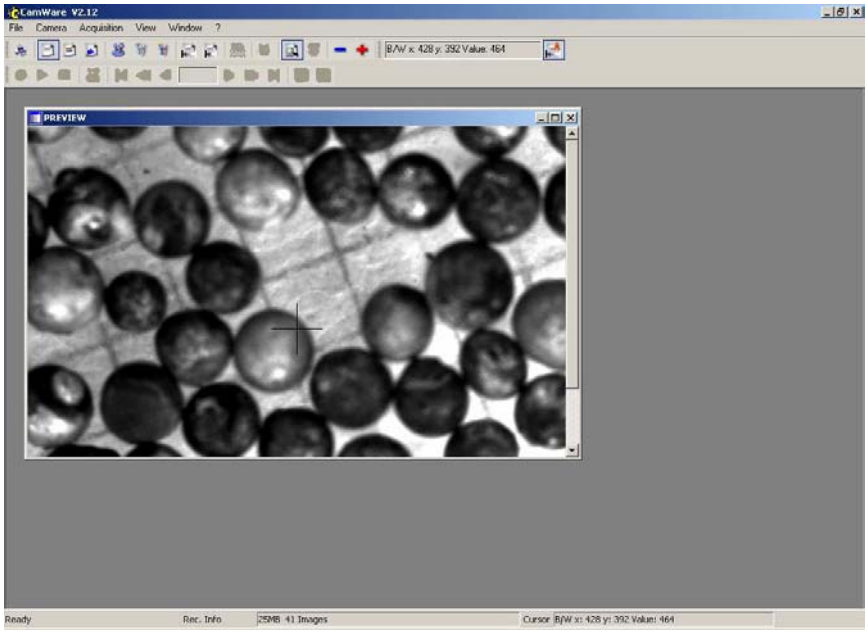


ILUSTRAÇÃO 7 - CAMWARE VERSÃO 2.12 (FOCAGEM DA IMAGEM)

Novamente no menu “Acquisition” é seleccionada a opção “Acquire sequence” Esta opção vai permitir a activação dos botões de gravação e stop.

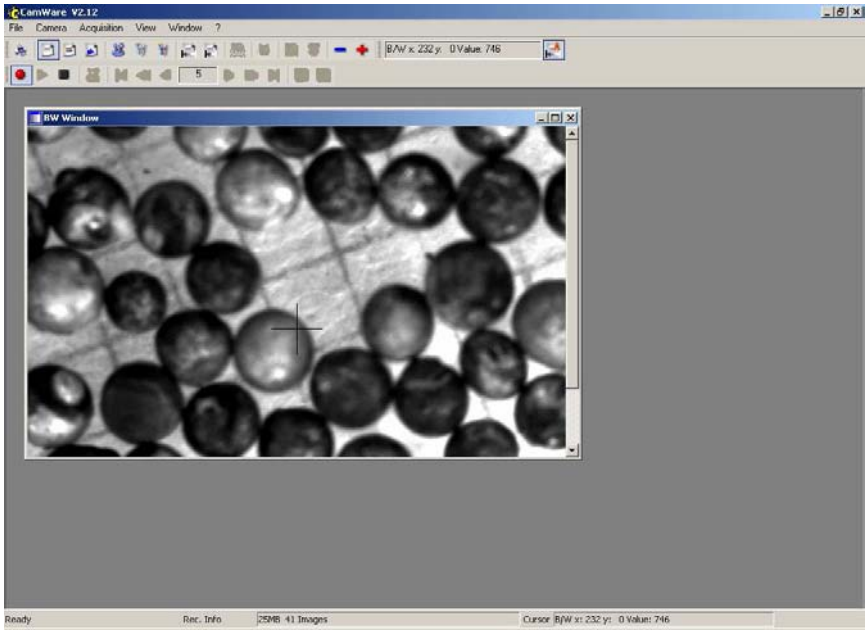
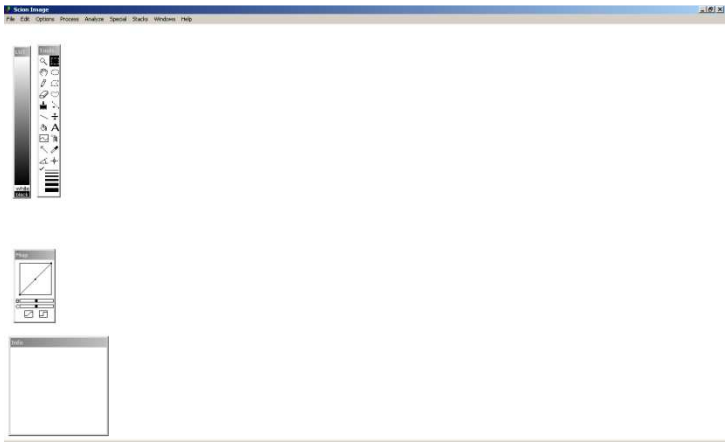


ILUSTRAÇÃO 8 - CAMWARE VERSÃO 2.12 (GRAVAÇÃO DE IMAGEM)

Recolhe-se a imagem durante alguns segundos. No menu “File”selecciona-se a opção “Save Recorder”. Esta fica gravada e armazenada sob a forma de fotografias (8bit Bitmap File).

C FUNCIONAMENTO DO SOFTWARE PARA TRATAMENTO DE IMAGEM

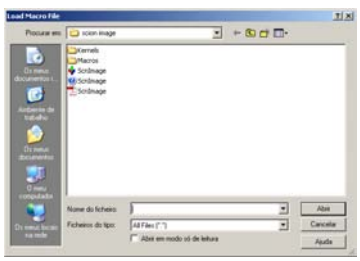
O software utilizado para o tratamento das imagens das esferas de Ferro é o “Scion Image”. Este software permitiu medir o perímetro das esferas.



No menu “File” seleccionou-se a opção “Open” e escolheu-se o ficheiro da imagem a tratar.

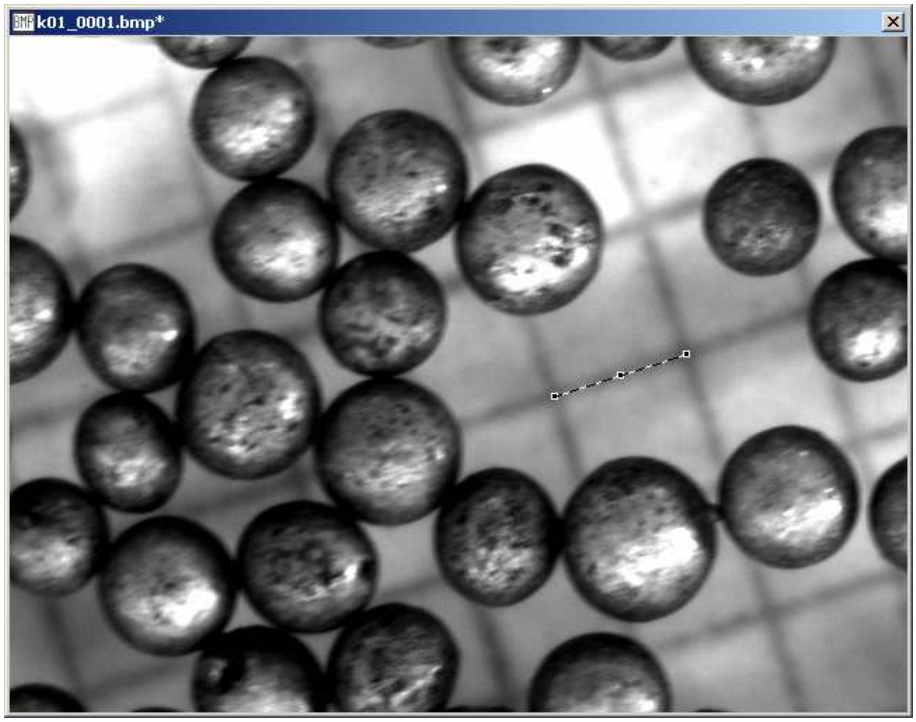


No menu “Special” seleccionou-se a opção ” Load Macros”

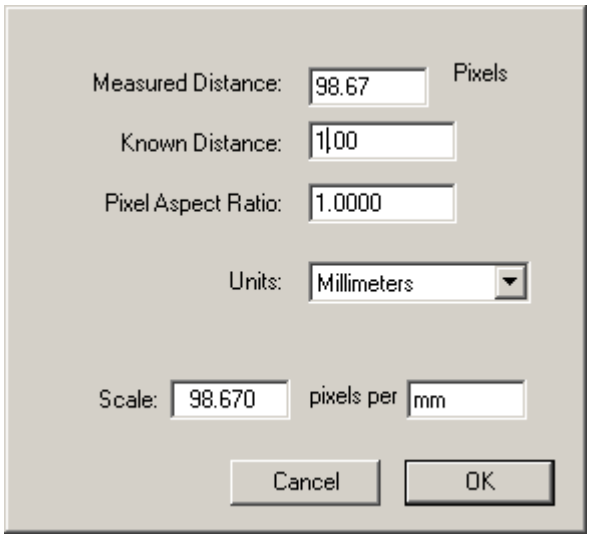


Foi usada uma “macro” que permitiu a construção da circunferência que coincide com o perímetro da esfera.

Para a definição da escala, foi marcado na foto o comprimento correspondente a 1mm sublinhando a linha na escala.



No menu “Analyze” seleccionou-se a opção “set scale”. Escolheram-se as unidades apropriadas. Em “known distance” foi atribuído o valor da distância sublinhada.

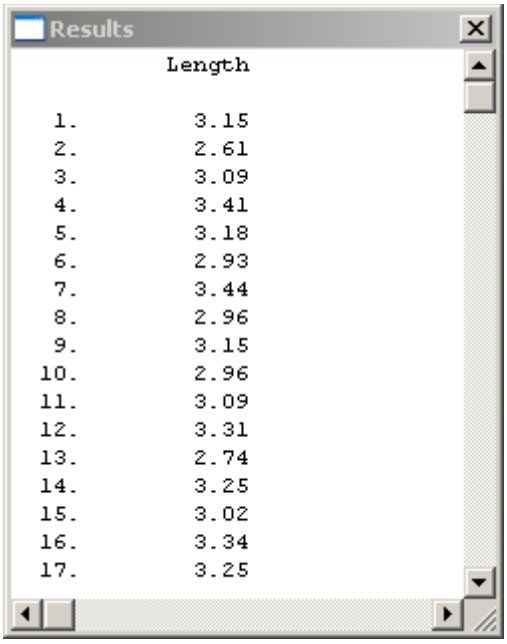


No menu “Special” seleccionou-se a opção “medir” (nome da macro usada). Marcaram-se 3 pontos do contorno da esfera e um outro ponto no centro. Foi desenhada a circunferência na periferia da esfera.



No menu “Analyze”, no item “Options” seleccionou-se “perimeter/length”.

Novamente em “Analyze” o botão “show results” apresenta a janela com as medições efectuadas.



D TRATAMENTO DAS IMAGENS DAS ESFERAS DE FERRO

D.1 COPO 1 – ESFERAS DE FERRO DE GRANOLUMETRIA 0,30 - 0,60MM

D.1.1 DIA 0 (21-ABRIL-2009)

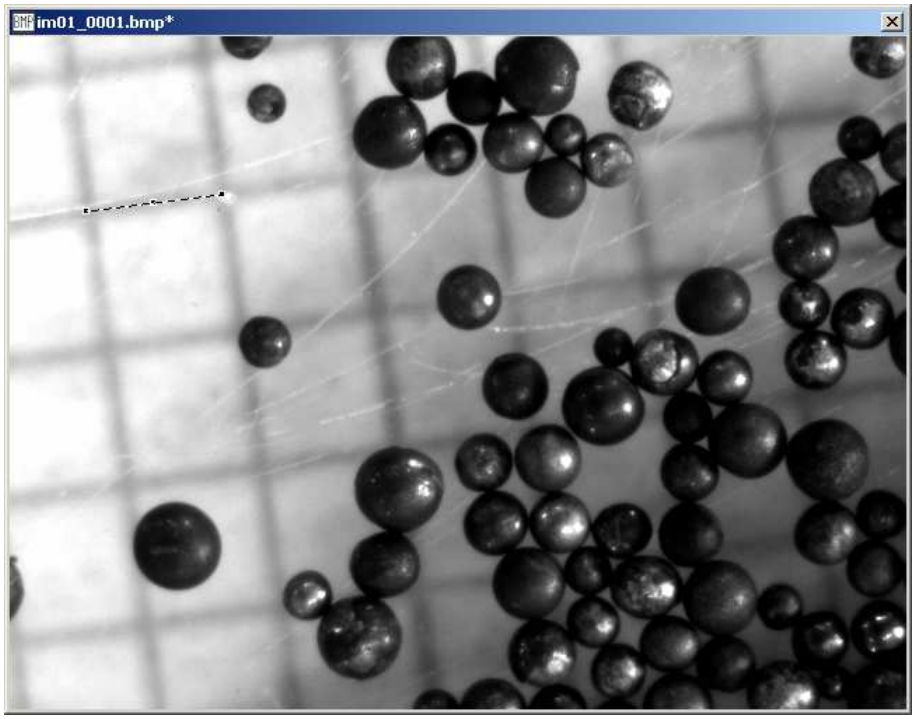


ILUSTRAÇÃO 9 – DISTÂNCIA CORRESPONDENTE A 1 MM

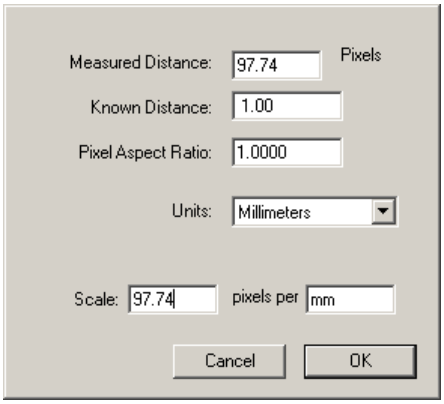
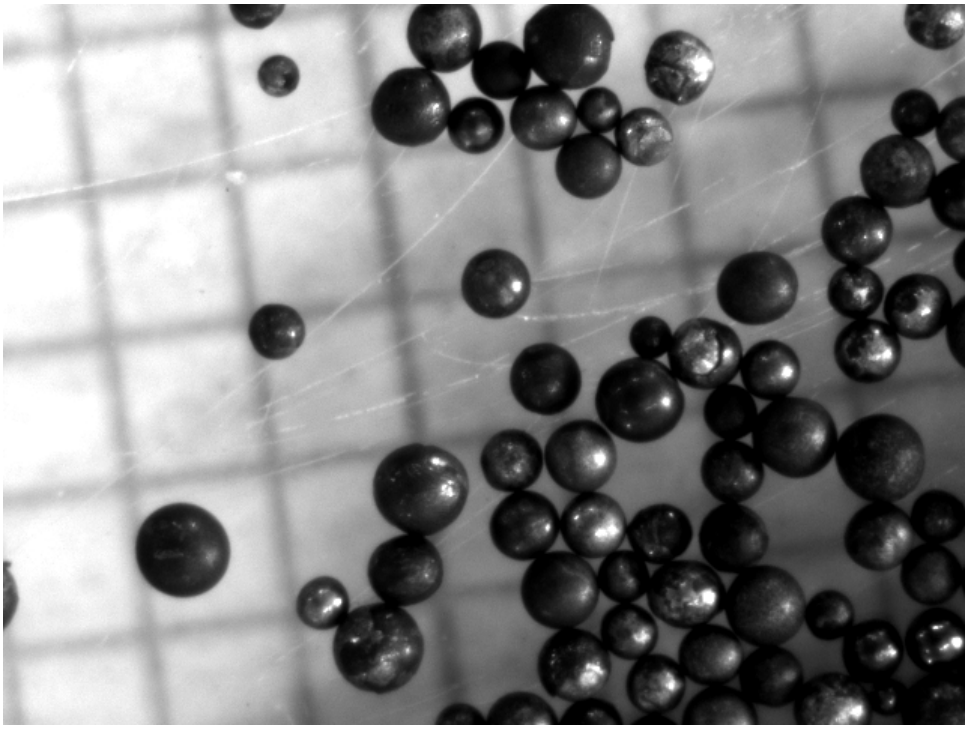
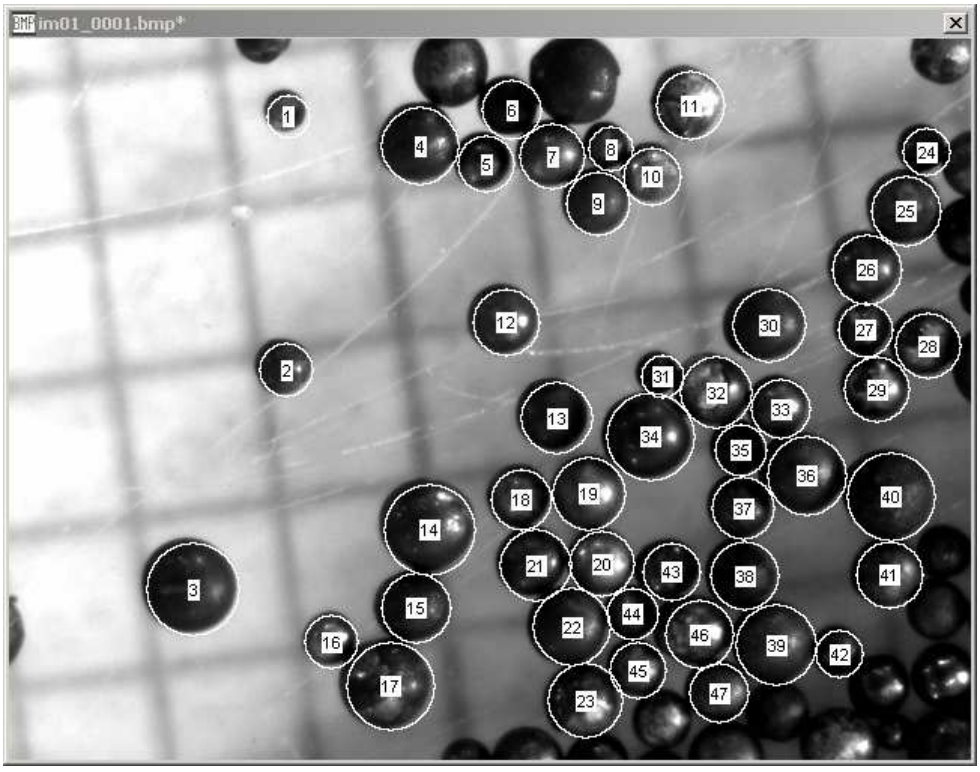
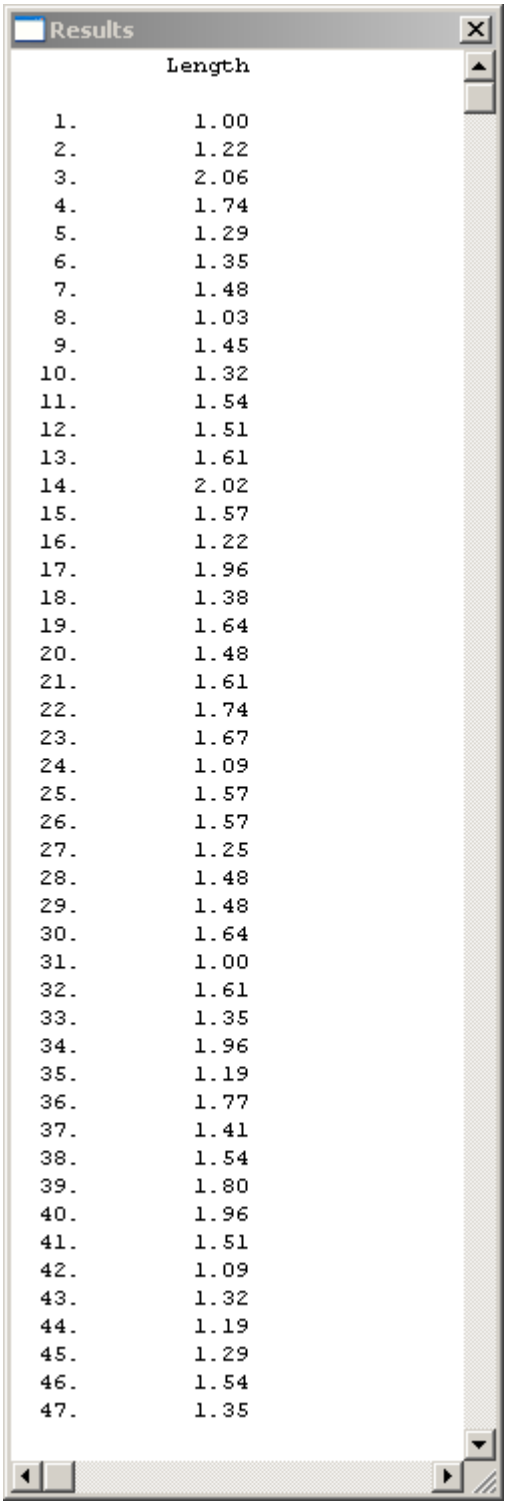


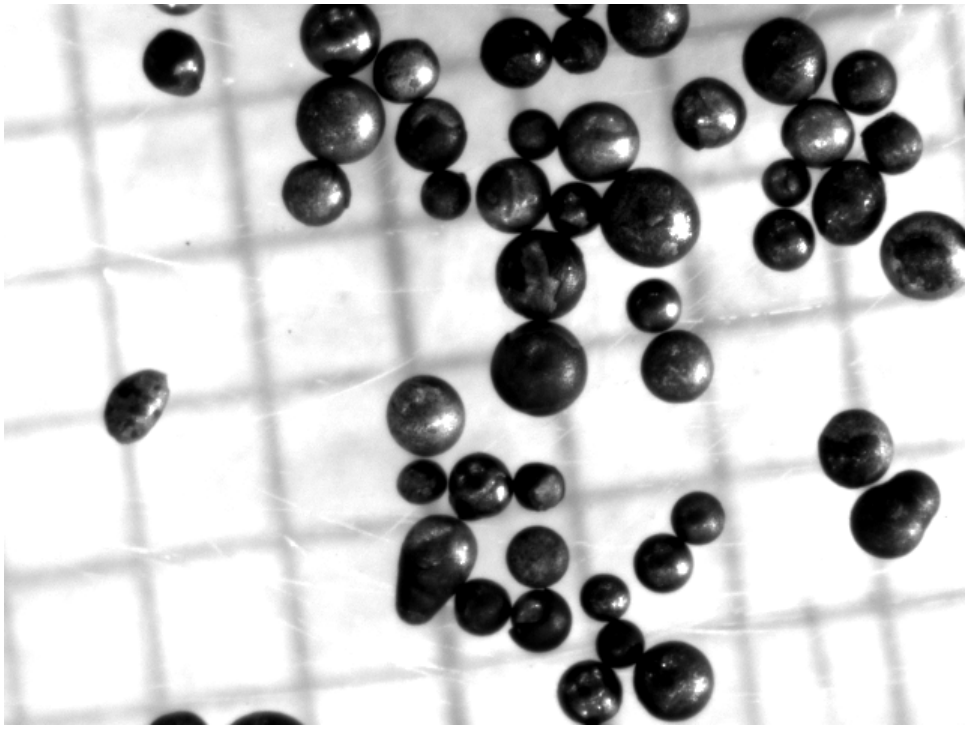
ILUSTRAÇÃO 10 – ESCALA DAS FOTOS DO COPO 1 NO DIA 21-ABRIL-2009

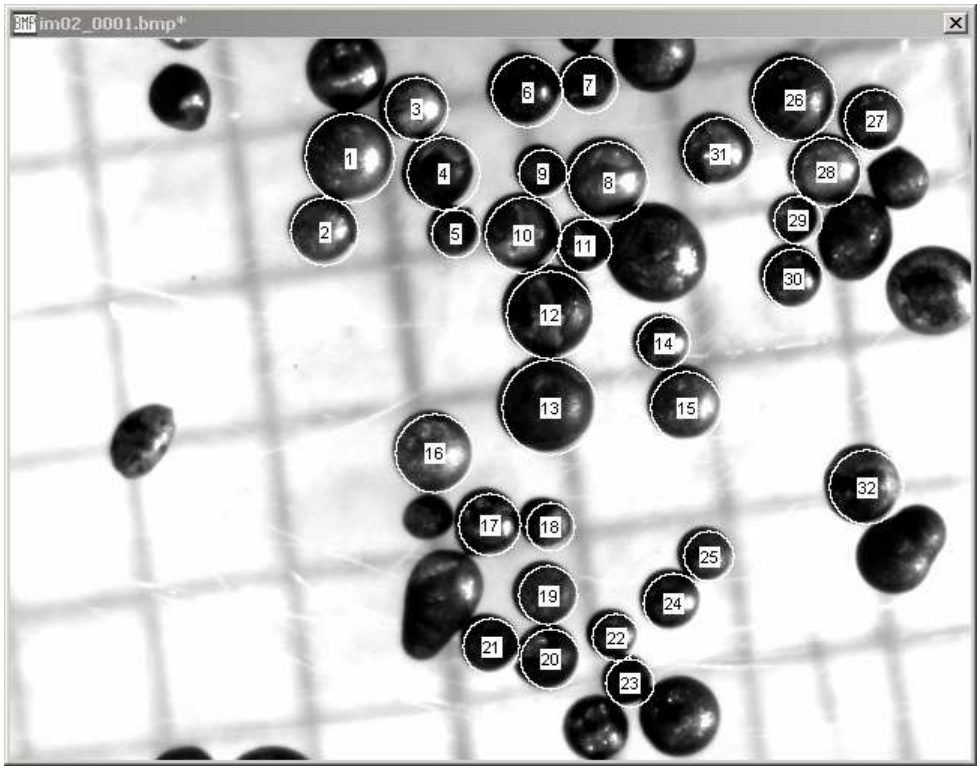


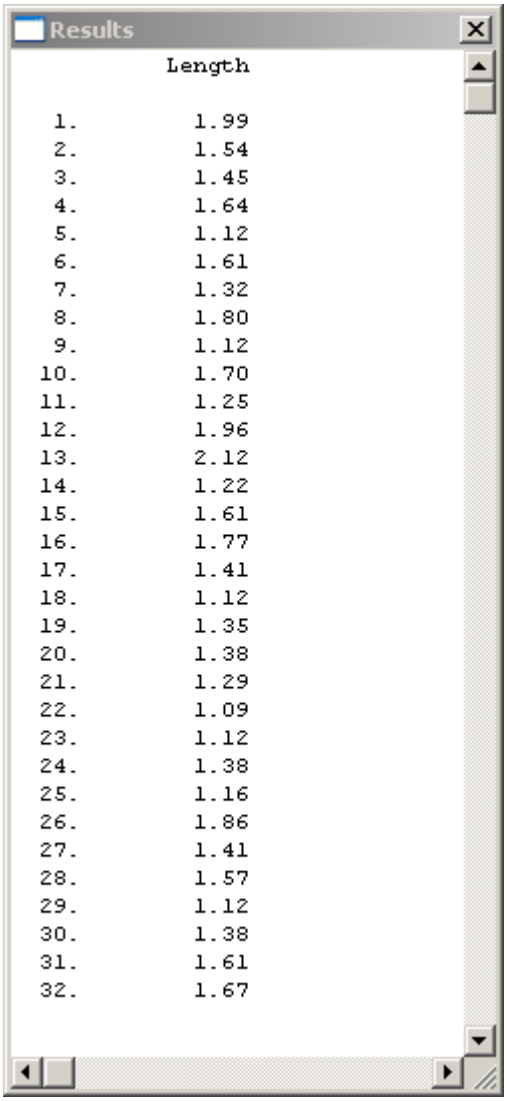

im01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47



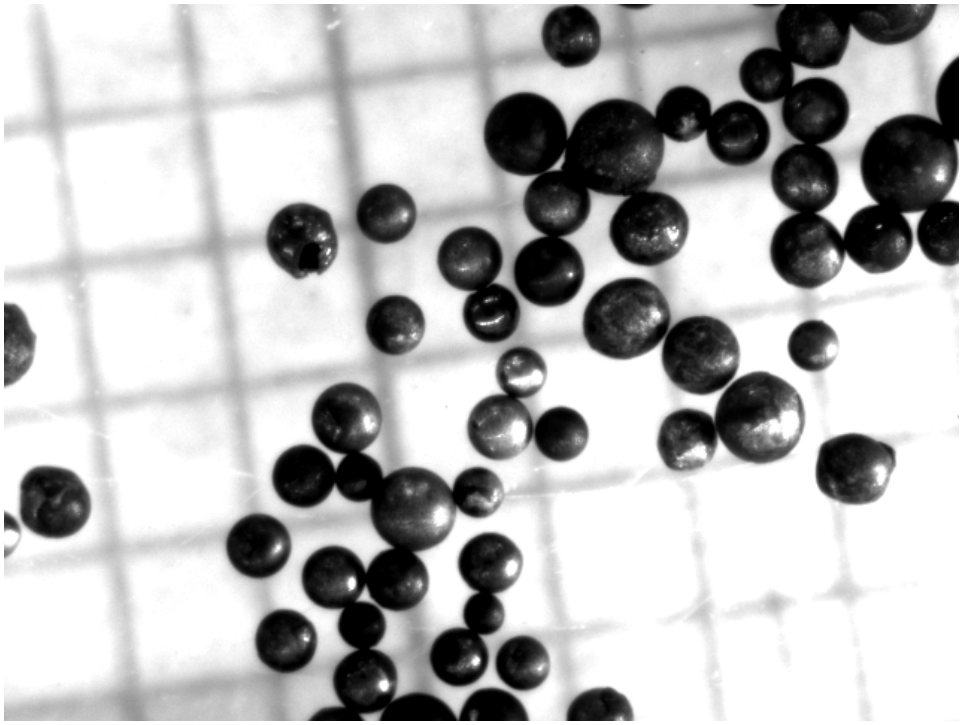
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,000	0,318	0,318
2	1,220	0,388	0,474
3	2,060	0,656	1,351
4	1,740	0,554	0,964
5	1,290	0,411	0,530
6	1,350	0,430	0,580
7	1,480	0,471	0,697
8	1,030	0,328	0,338
9	1,450	0,462	0,669
10	1,320	0,420	0,555
11	1,540	0,490	0,755
12	1,510	0,481	0,726
13	1,610	0,512	0,825
14	2,020	0,643	1,299
15	1,570	0,500	0,785
16	1,220	0,388	0,474
17	1,960	0,624	1,223
18	1,380	0,439	0,606
19	1,640	0,522	0,856
20	1,480	0,471	0,697
21	1,610	0,512	0,825
22	1,740	0,554	0,964
23	1,670	0,532	0,888
24	1,090	0,347	0,378
25	1,570	0,500	0,785
26	1,570	0,500	0,785
27	1,250	0,398	0,497
28	1,480	0,471	0,697
29	1,480	0,471	0,697
30	1,640	0,522	0,856
31	1,000	0,318	0,318
32	1,610	0,512	0,825
33	1,350	0,430	0,580
34	1,960	0,624	1,223
35	1,190	0,379	0,451
36	1,770	0,563	0,997
37	1,410	0,449	0,633
38	1,540	0,490	0,755
39	1,800	0,573	1,031
40	1,960	0,624	1,223
41	1,510	0,481	0,726
42	1,090	0,347	0,378
43	1,320	0,420	0,555
44	1,190	0,379	0,451
45	1,290	0,411	0,530
46	1,540	0,490	0,755
47	1,350	0,430	0,580

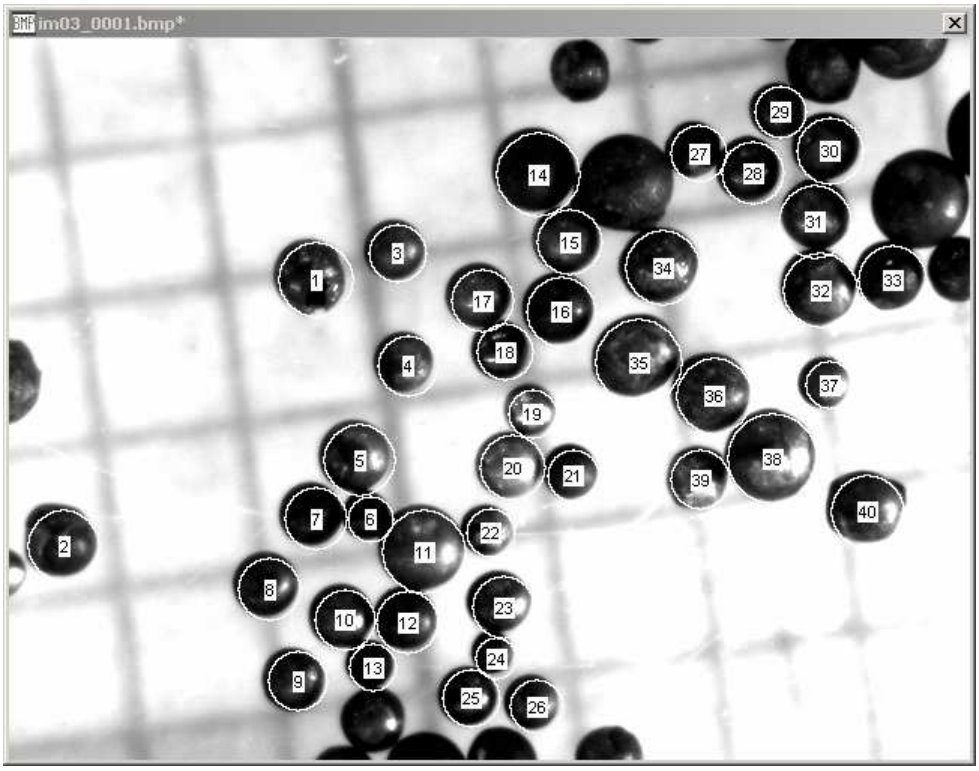


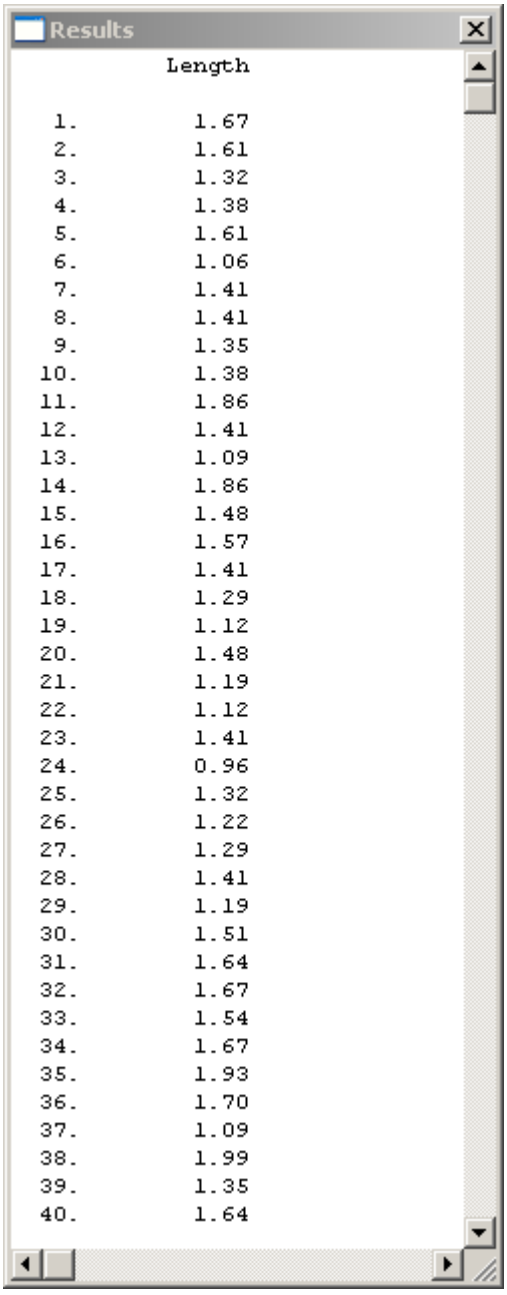

im02_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32



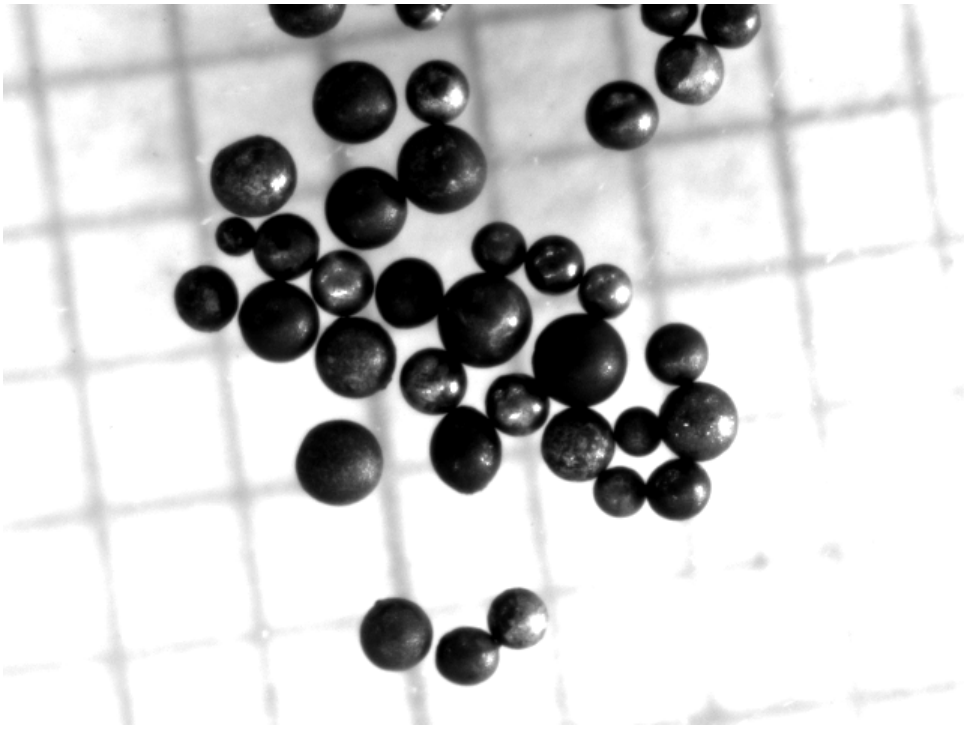
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,990	0,633	1,261
2	1,540	0,490	0,755
3	1,450	0,462	0,669
4	1,640	0,522	0,856
5	1,120	0,357	0,399
6	1,610	0,512	0,825
7	1,320	0,420	0,555
8	1,800	0,573	1,031
9	1,120	0,357	0,399
10	1,700	0,541	0,920
11	1,250	0,398	0,497
12	1,960	0,624	1,223
13	2,120	0,675	1,431
14	1,220	0,388	0,474
15	1,610	0,512	0,825
16	1,770	0,563	0,997
17	1,410	0,449	0,633
18	1,120	0,357	0,399
19	1,350	0,430	0,580
20	1,380	0,439	0,606
21	1,290	0,411	0,530
22	1,090	0,347	0,378
23	1,120	0,357	0,399
24	1,380	0,439	0,606
25	1,160	0,369	0,428
26	1,860	0,592	1,101
27	1,410	0,449	0,633
28	1,570	0,500	0,785
29	1,120	0,357	0,399
30	1,380	0,439	0,606
31	1,610	0,512	0,825
32	1,670	0,532	0,888

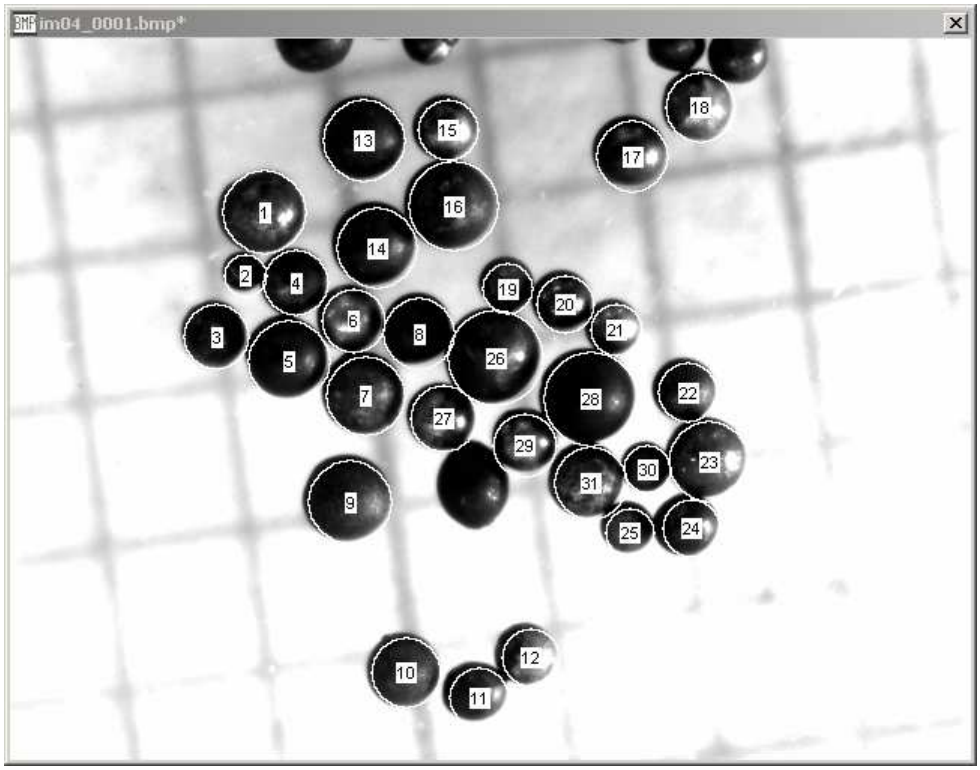


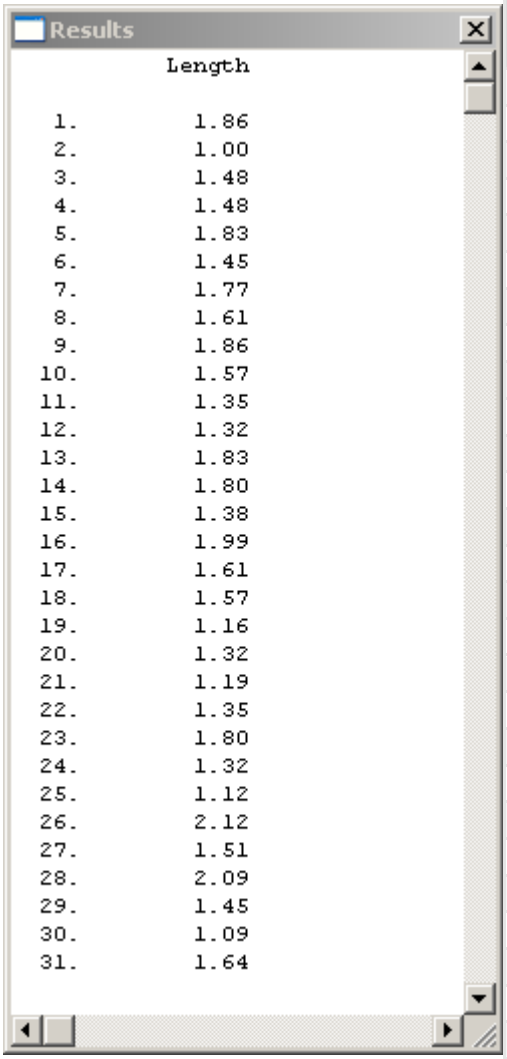

im03_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40



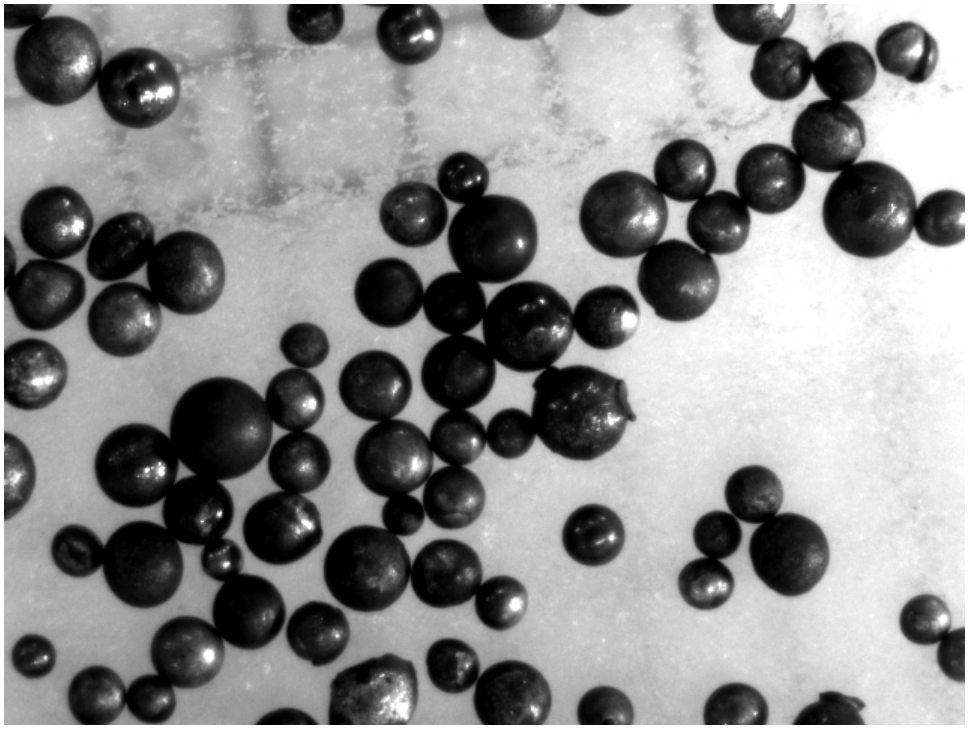
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,670	0,532	0,888
2	1,610	0,512	0,825
3	1,320	0,420	0,555
4	1,380	0,439	0,606
5	1,610	0,512	0,825
6	1,060	0,337	0,358
7	1,410	0,449	0,633
8	1,410	0,449	0,633
9	1,350	0,430	0,580
10	1,380	0,439	0,606
11	1,860	0,592	1,101
12	1,410	0,449	0,633
13	1,090	0,347	0,378
14	1,860	0,592	1,101
15	1,480	0,471	0,697
16	1,570	0,500	0,785
17	1,410	0,449	0,633
18	1,290	0,411	0,530
19	1,120	0,357	0,399
20	1,480	0,471	0,697
21	1,190	0,379	0,451
22	1,120	0,357	0,399
23	1,410	0,449	0,633
24	0,960	0,306	0,293
25	1,320	0,420	0,555
26	1,220	0,388	0,474
27	1,290	0,411	0,530
28	1,410	0,449	0,633
29	1,190	0,379	0,451
30	1,510	0,481	0,726
31	1,640	0,522	0,856
32	1,670	0,532	0,888
33	1,540	0,490	0,755
34	1,670	0,532	0,888
35	1,930	0,614	1,186
36	1,700	0,541	0,920
37	1,090	0,347	0,378
38	1,990	0,633	1,261
39	1,350	0,430	0,580
40	1,640	0,522	0,856

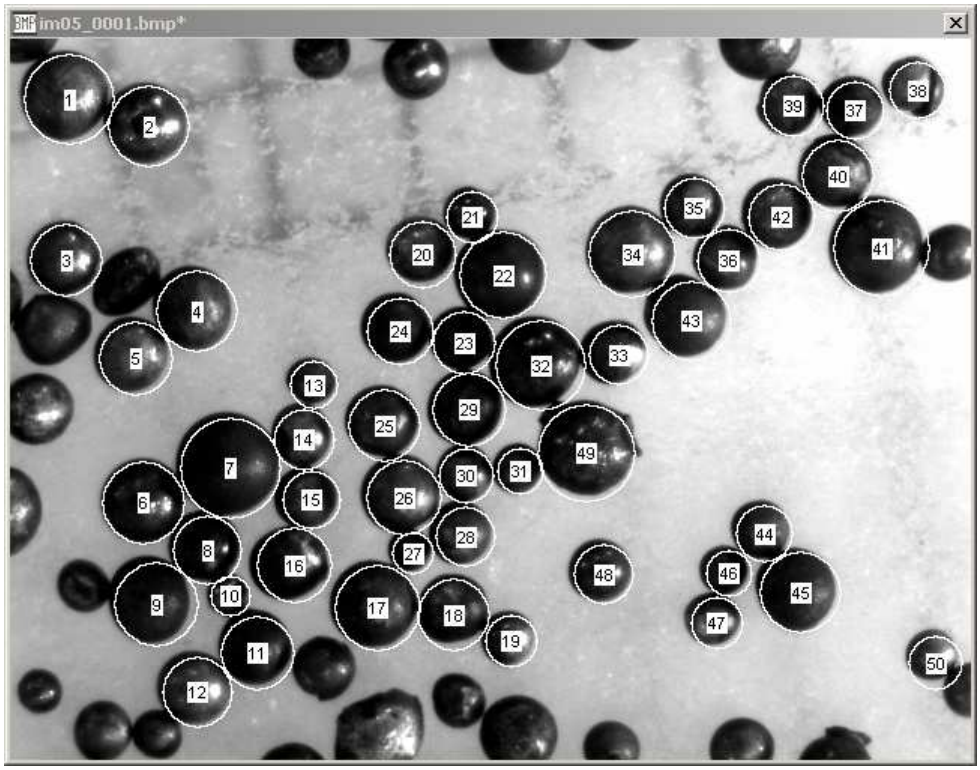


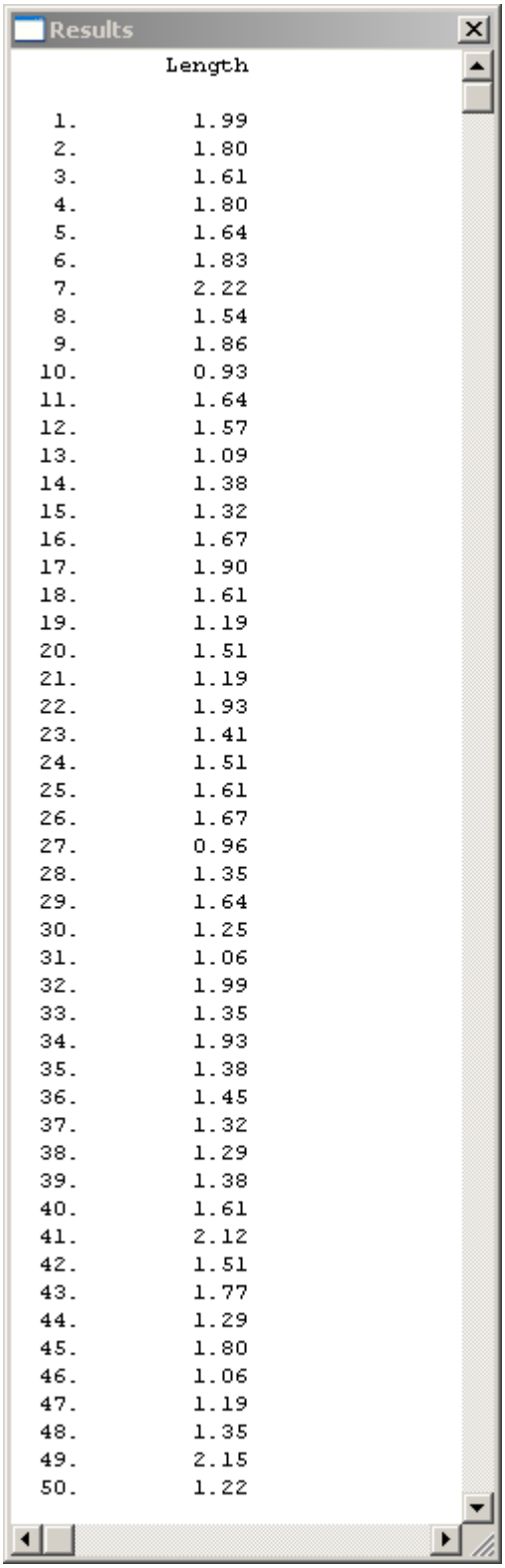

im04_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31



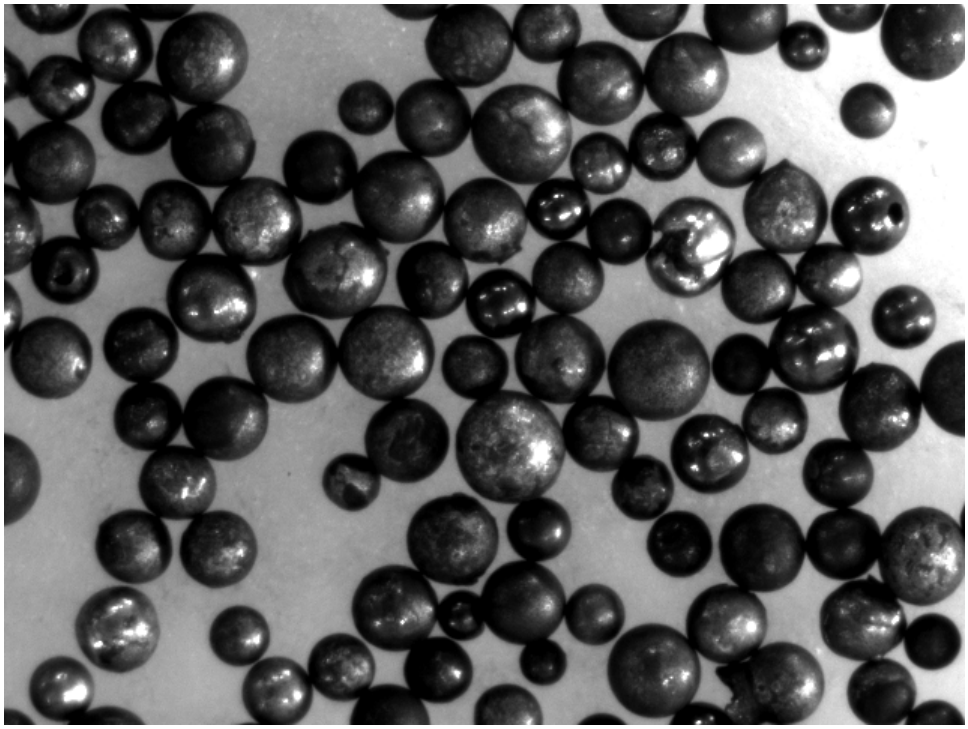
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,860	0,592	1,101
2	1,000	0,318	0,318
3	1,480	0,471	0,697
4	1,480	0,471	0,697
5	1,830	0,583	1,066
6	1,450	0,462	0,669
7	1,770	0,563	0,997
8	1,610	0,512	0,825
9	1,860	0,592	1,101
10	1,570	0,500	0,785
11	1,350	0,430	0,580
12	1,320	0,420	0,555
13	1,830	0,583	1,066
14	1,800	0,573	1,031
15	1,380	0,439	0,606
16	1,990	0,633	1,261
17	1,610	0,512	0,825
18	1,570	0,500	0,785
19	1,160	0,369	0,428
20	1,320	0,420	0,555
21	1,190	0,379	0,451
22	1,350	0,430	0,580
23	1,800	0,573	1,031
24	1,320	0,420	0,555
25	1,120	0,357	0,399
26	2,120	0,675	1,431
27	1,510	0,481	0,726
28	2,090	0,665	1,390
29	1,450	0,462	0,669
30	1,090	0,347	0,378
31	1,640	0,522	0,856

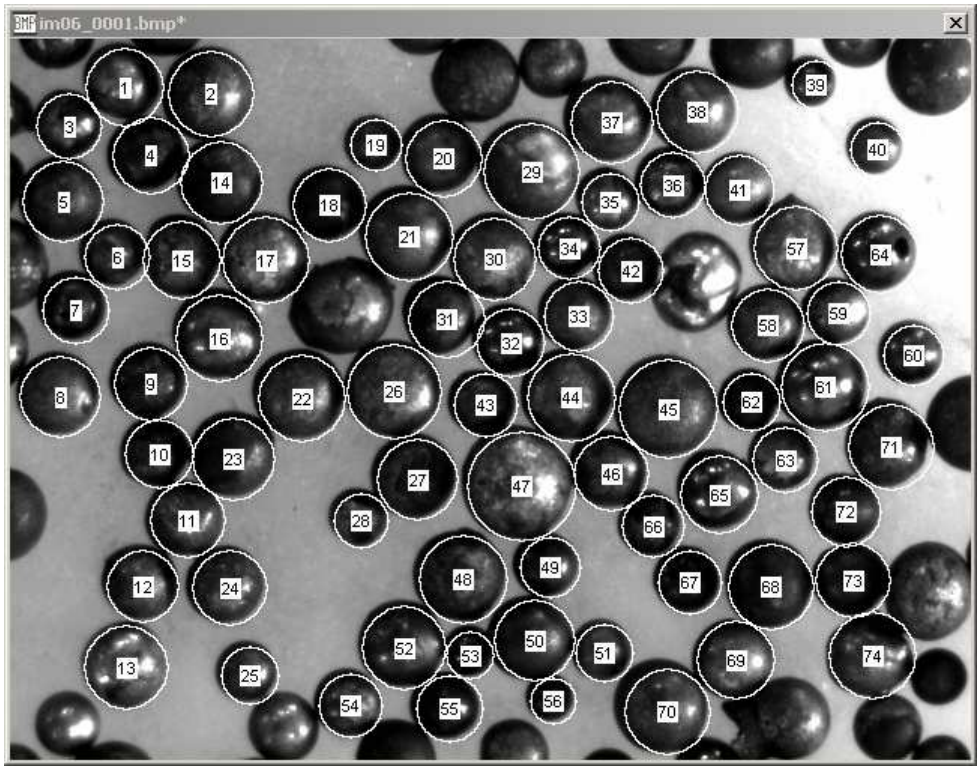



im05_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,990	0,633	1,261
2	1,800	0,573	1,031
3	1,610	0,512	0,825
4	1,800	0,573	1,031
5	1,640	0,522	0,856
6	1,830	0,583	1,066
7	2,220	0,707	1,569
8	1,540	0,490	0,755
9	1,860	0,592	1,101
10	0,930	0,296	0,275
11	1,640	0,522	0,856
12	1,570	0,500	0,785
13	1,090	0,347	0,378
14	1,380	0,439	0,606
15	1,320	0,420	0,555
16	1,670	0,532	0,888
17	1,900	0,605	1,149
18	1,610	0,512	0,825
19	1,190	0,379	0,451
20	1,510	0,481	0,726
21	1,190	0,379	0,451
22	1,930	0,614	1,186
23	1,410	0,449	0,633
24	1,510	0,481	0,726
25	1,610	0,512	0,825
26	1,670	0,532	0,888
27	0,960	0,306	0,293
28	1,350	0,430	0,580
29	1,640	0,522	0,856
30	1,250	0,398	0,497
31	1,060	0,337	0,358
32	1,990	0,633	1,261
33	1,350	0,430	0,580
34	1,930	0,614	1,186
35	1,380	0,439	0,606
36	1,450	0,462	0,669
37	1,320	0,420	0,555
38	1,290	0,411	0,530
39	1,380	0,439	0,606
40	1,610	0,512	0,825
41	2,120	0,675	1,431
42	1,510	0,481	0,726
43	1,770	0,563	0,997
44	1,290	0,411	0,530
45	1,800	0,573	1,031
46	1,060	0,337	0,358
47	1,190	0,379	0,451
48	1,350	0,430	0,580
49	2,150	0,684	1,471
50	1,220	0,388	0,474

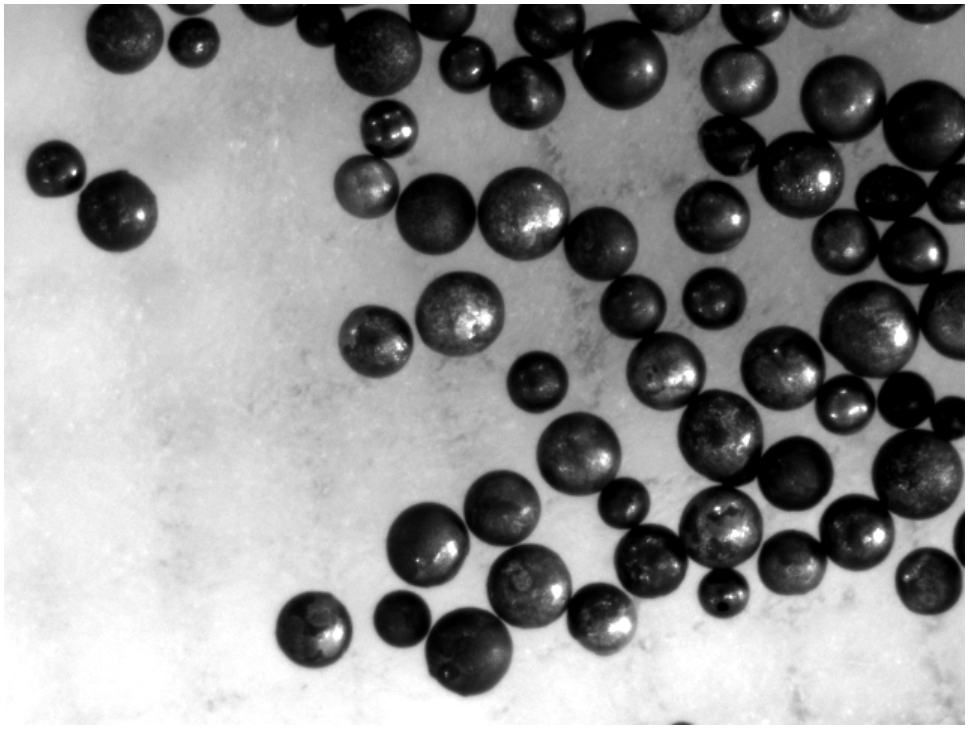


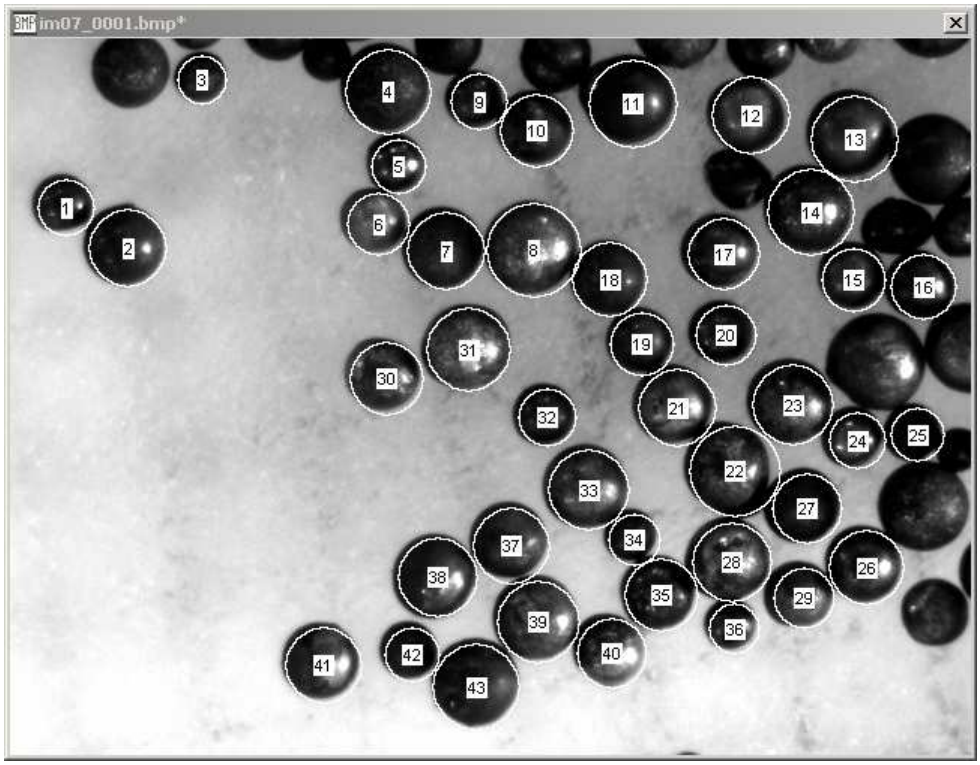

im06_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74

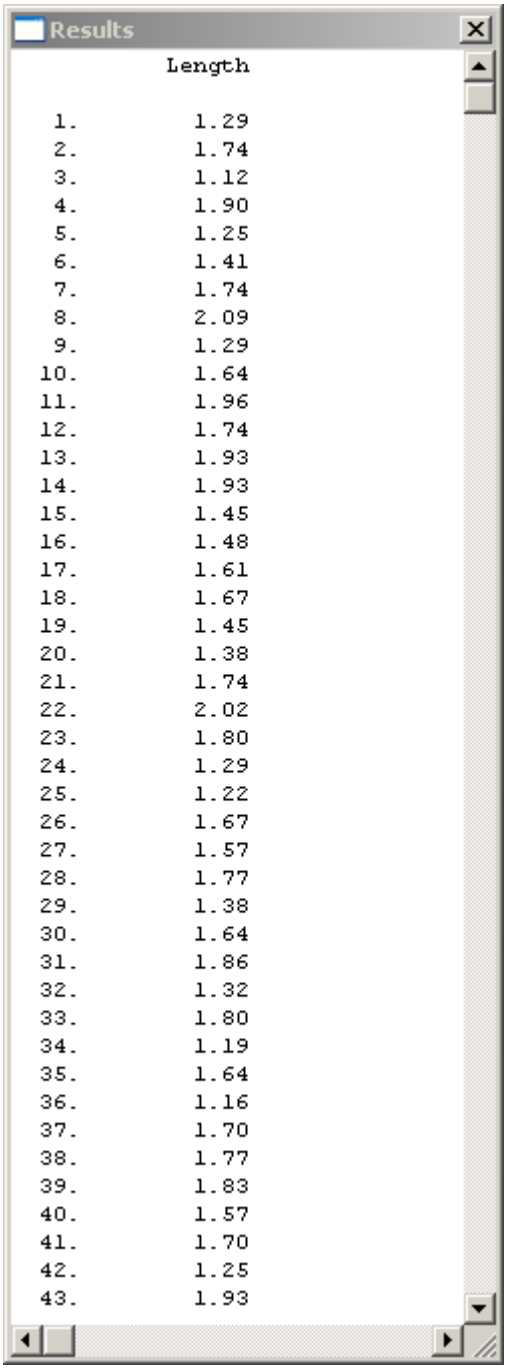
Results

	Length
1.	1.74
2.	1.90
3.	1.48
4.	1.70
5.	1.80
6.	1.48
7.	1.51
8.	1.80
9.	1.64
10.	1.54
11.	1.67
12.	1.61
13.	1.86
14.	1.83
15.	1.74
16.	1.93
17.	1.93
18.	1.64
19.	1.19
20.	1.70
21.	1.96
22.	1.93
23.	1.83
24.	1.67
25.	1.32
26.	2.09
27.	1.80
28.	1.25
29.	2.12
30.	1.83
31.	1.70
32.	1.54
33.	1.57
34.	1.41
35.	1.32
36.	1.48
37.	1.83
38.	1.83
39.	1.12
40.	1.25
41.	1.57
42.	1.48
43.	1.45
44.	1.96
45.	2.19
46.	1.67
47.	2.41
48.	1.96
49.	1.38
50.	1.80
51.	1.32
52.	1.86
53.	1.09
54.	1.45
55.	1.51
56.	1.06
57.	1.86
58.	1.64
59.	1.45
60.	1.38
61.	1.96
62.	1.32
63.	1.48
64.	1.74
65.	1.74
66.	1.41
67.	1.45
68.	1.90
69.	1.74
70.	1.90
71.	1.90
72.	1.57
73.	1.67
74.	1.93

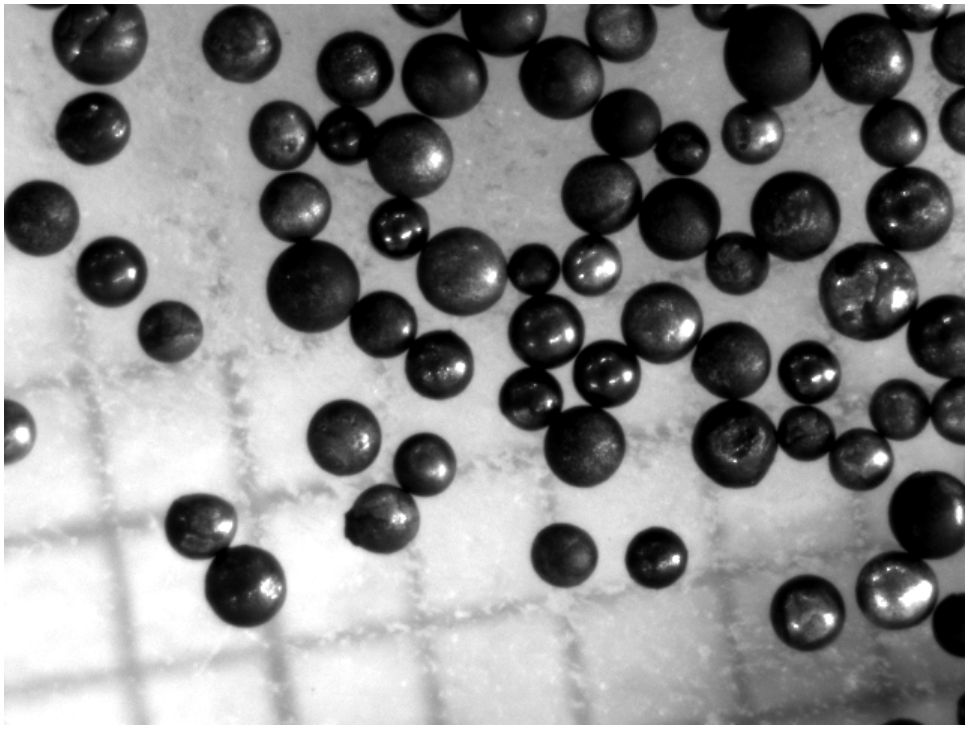
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,740	0,554	0,964
2	1,900	0,605	1,149
3	1,480	0,471	0,697
4	1,700	0,541	0,920
5	1,800	0,573	1,031
6	1,480	0,471	0,697
7	1,510	0,481	0,726
8	1,800	0,573	1,031
9	1,640	0,522	0,856
10	1,540	0,490	0,755
11	1,670	0,532	0,888
12	1,610	0,512	0,825
13	1,860	0,592	1,101
14	1,830	0,583	1,066
15	1,740	0,554	0,964
16	1,930	0,614	1,186
17	1,930	0,614	1,186
18	1,640	0,522	0,856
19	1,190	0,379	0,451
20	1,700	0,541	0,920
21	1,960	0,624	1,223
22	1,930	0,614	1,186
23	1,830	0,583	1,066
24	1,670	0,532	0,888
25	1,320	0,420	0,555
26	2,090	0,665	1,390
27	1,800	0,573	1,031
28	1,250	0,398	0,497
29	2,120	0,675	1,431
30	1,830	0,583	1,066
31	1,700	0,541	0,920
32	1,540	0,490	0,755
33	1,570	0,500	0,785
34	1,410	0,449	0,633
35	1,320	0,420	0,555
36	1,480	0,471	0,697
37	1,830	0,583	1,066
38	1,830	0,583	1,066
39	1,120	0,357	0,399
40	1,250	0,398	0,497
41	1,570	0,500	0,785
42	1,480	0,471	0,697
43	1,450	0,462	0,669
44	1,960	0,624	1,223
45	2,190	0,697	1,527
46	1,670	0,532	0,888
47	2,410	0,767	1,849
48	1,960	0,624	1,223
49	1,380	0,439	0,606
50	1,800	0,573	1,031
51	1,320	0,420	0,555
52	1,860	0,592	1,101
53	1,090	0,347	0,378
54	1,450	0,462	0,669
55	1,510	0,481	0,726
56	1,060	0,337	0,358
57	1,860	0,592	1,101
58	1,640	0,522	0,856
59	1,450	0,462	0,669
60	1,380	0,439	0,606
61	1,960	0,624	1,223
62	1,320	0,420	0,555
63	1,480	0,471	0,697
64	1,740	0,554	0,964
65	1,740	0,554	0,964
66	1,410	0,449	0,633
67	1,450	0,462	0,669
68	1,900	0,605	1,149
69	1,740	0,554	0,964
70	1,900	0,605	1,149
71	1,900	0,605	1,149
72	1,570	0,500	0,785
73	1,670	0,532	0,888
74	1,930	0,614	1,186

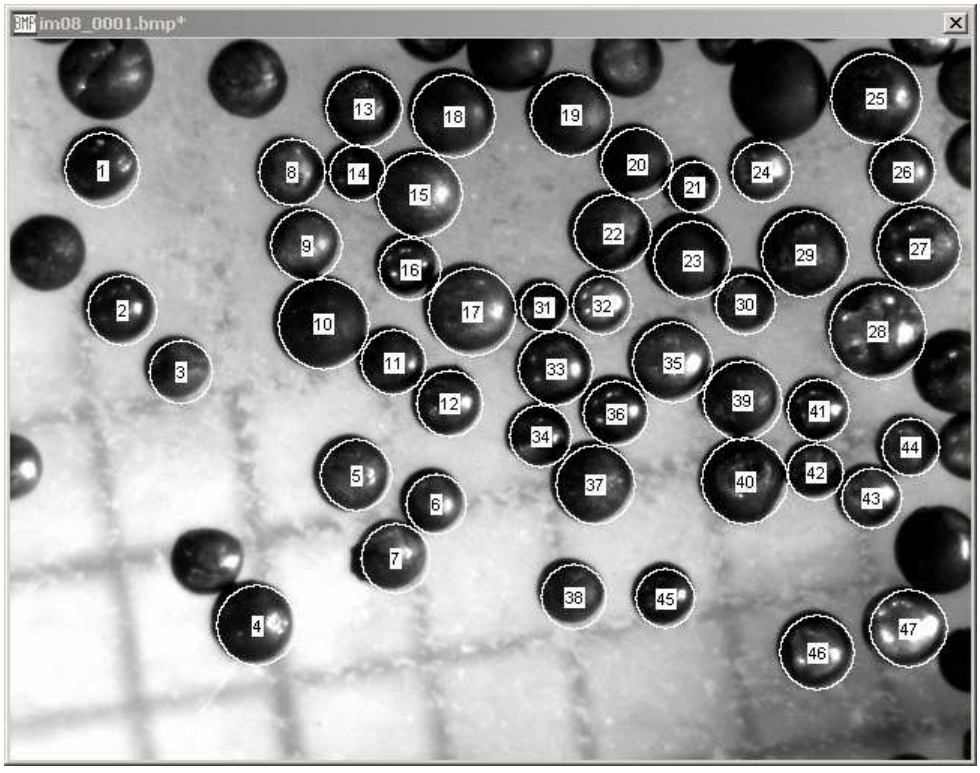


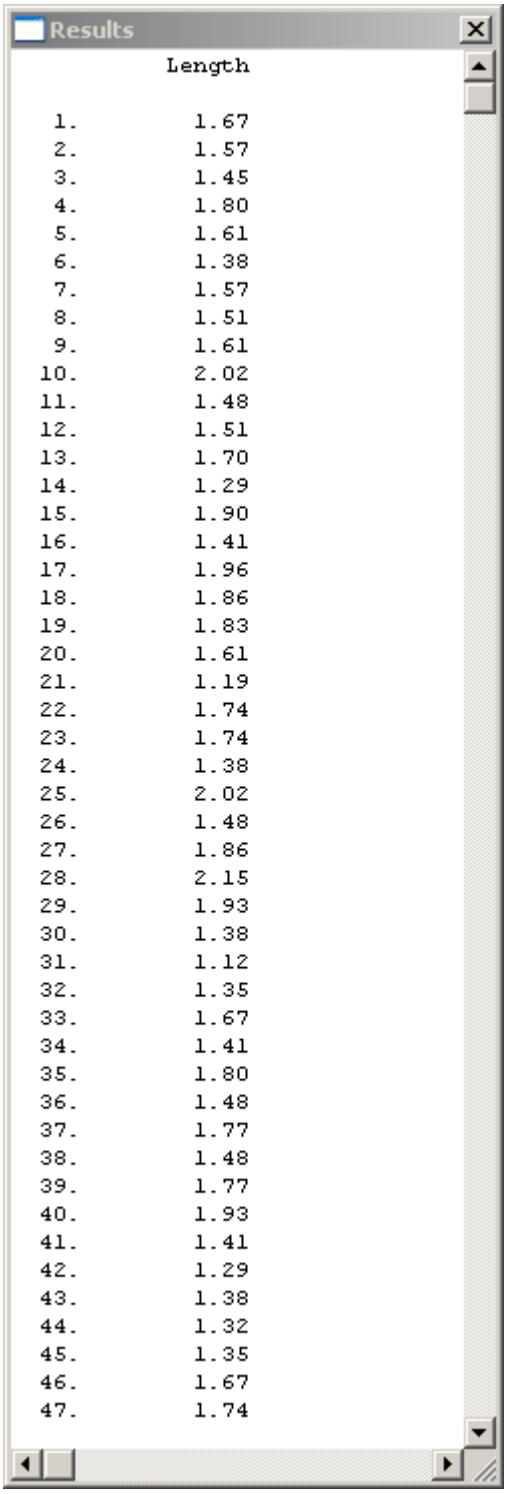

im07_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43



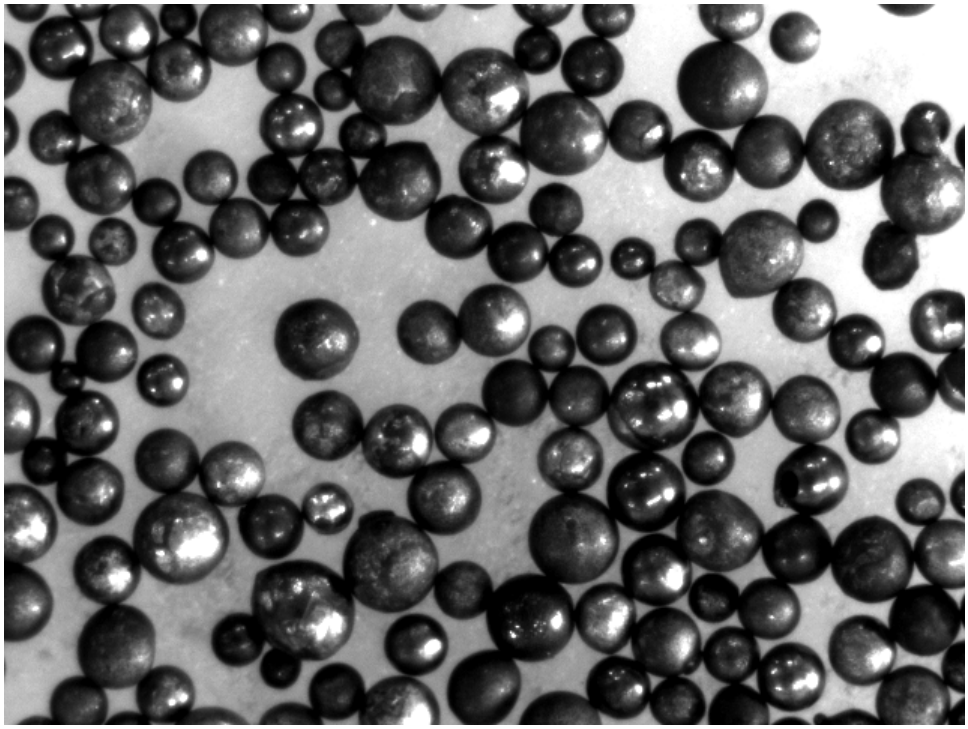
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,290	0,411	0,530
2	1,740	0,554	0,964
3	1,120	0,357	0,399
4	1,900	0,605	1,149
5	1,250	0,398	0,497
6	1,410	0,449	0,633
7	1,740	0,554	0,964
8	2,090	0,665	1,390
9	1,290	0,411	0,530
10	1,640	0,522	0,856
11	1,960	0,624	1,223
12	1,740	0,554	0,964
13	1,930	0,614	1,186
14	1,930	0,614	1,186
15	1,450	0,462	0,669
16	1,480	0,471	0,697
17	1,610	0,512	0,825
18	1,670	0,532	0,888
19	1,450	0,462	0,669
20	1,380	0,439	0,606
21	1,740	0,554	0,964
22	2,020	0,643	1,299
23	1,800	0,573	1,031
24	1,290	0,411	0,530
25	1,220	0,388	0,474
26	1,670	0,532	0,888
27	1,570	0,500	0,785
28	1,770	0,563	0,997
29	1,380	0,439	0,606
30	1,640	0,522	0,856
31	1,860	0,592	1,101
32	1,320	0,420	0,555
33	1,800	0,573	1,031
34	1,190	0,379	0,451
35	1,640	0,522	0,856
36	1,160	0,369	0,428
37	1,700	0,541	0,920
38	1,770	0,563	0,997
39	1,830	0,583	1,066
40	1,570	0,500	0,785
41	1,700	0,541	0,920
42	1,250	0,398	0,497
43	1,930	0,614	1,186

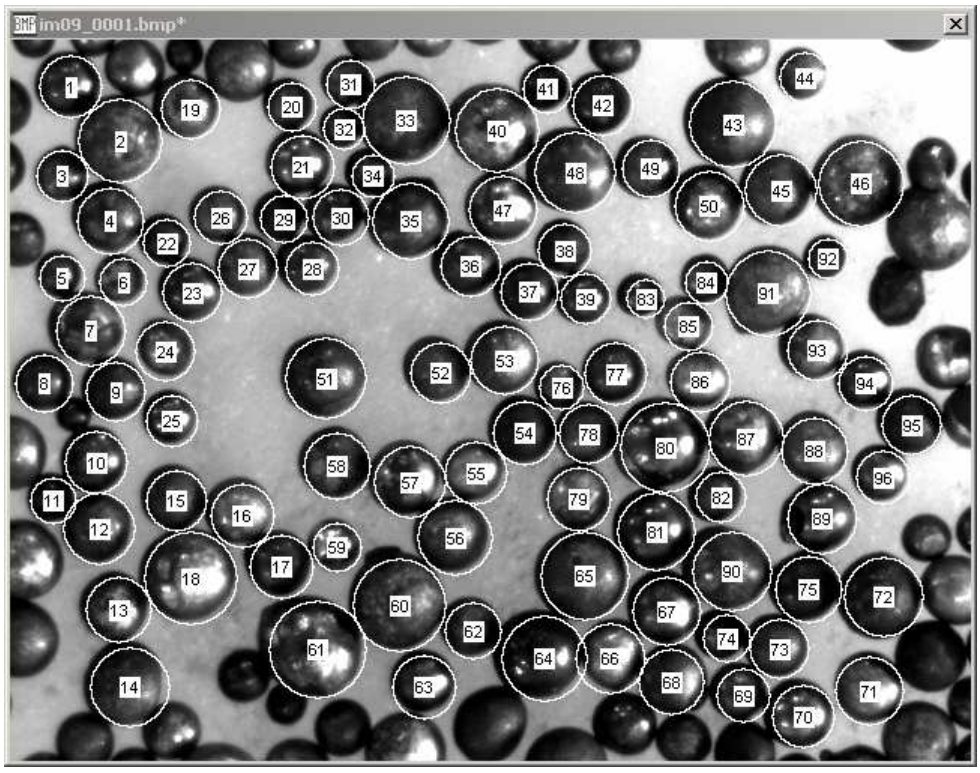



im08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,670	0,532	0,888
2	1,570	0,500	0,785
3	1,450	0,462	0,669
4	1,800	0,573	1,031
5	1,610	0,512	0,825
6	1,380	0,439	0,606
7	1,570	0,500	0,785
8	1,510	0,481	0,726
9	1,610	0,512	0,825
10	2,020	0,643	1,299
11	1,480	0,471	0,697
12	1,510	0,481	0,726
13	1,700	0,541	0,920
14	1,290	0,411	0,530
15	1,900	0,605	1,149
16	1,410	0,449	0,633
17	1,960	0,624	1,223
18	1,860	0,592	1,101
19	1,830	0,583	1,066
20	1,610	0,512	0,825
21	1,190	0,379	0,451
22	1,740	0,554	0,964
23	1,740	0,554	0,964
24	1,380	0,439	0,606
25	2,020	0,643	1,299
26	1,480	0,471	0,697
27	1,860	0,592	1,101
28	2,150	0,684	1,471
29	1,930	0,614	1,186
30	1,380	0,439	0,606
31	1,120	0,357	0,399
32	1,350	0,430	0,580
33	1,670	0,532	0,888
34	1,410	0,449	0,633
35	1,800	0,573	1,031
36	1,480	0,471	0,697
37	1,770	0,563	0,997
38	1,480	0,471	0,697
39	1,770	0,563	0,997
40	1,930	0,614	1,186
41	1,410	0,449	0,633
42	1,290	0,411	0,530
43	1,380	0,439	0,606
44	1,320	0,420	0,555
45	1,350	0,430	0,580
46	1,670	0,532	0,888
47	1,740	0,554	0,964




im09_0001.bmp*

Results

	Length
1.	1.41
2.	1.86
3.	1.19
4.	1.51
5.	1.06
6.	1.09
7.	1.57
8.	1.32
9.	1.35
10.	1.41
11.	1.06
12.	1.61
13.	1.48
14.	1.77
15.	1.38
16.	1.45
17.	1.45
18.	2.06
19.	1.35
20.	1.12
21.	1.45
22.	1.09
23.	1.35
24.	1.35
25.	1.19
26.	1.22
27.	1.35
28.	1.22
29.	1.09
30.	1.29
31.	1.12
32.	0.96
33.	1.96
34.	1.00
35.	1.70
36.	1.38
37.	1.32
38.	1.22
39.	1.16
40.	1.86
41.	1.12
42.	1.38
43.	1.93
44.	1.16
45.	1.61
46.	1.90
47.	1.54
48.	1.80
49.	1.32
50.	1.57
51.	1.80
52.	1.38
53.	1.54
54.	1.45
55.	1.41
56.	1.67
57.	1.61
58.	1.51
59.	1.12
60.	2.06
61.	2.15
62.	1.29
63.	1.45
64.	1.90
65.	1.96
66.	1.57
67.	1.54
68.	1.48
69.	1.22
70.	1.41
71.	1.54
72.	1.77
73.	1.35
74.	1.09
75.	1.51
76.	1.03
77.	1.41
78.	1.35
79.	1.45
80.	1.99
81.	1.74
82.	1.16
83.	0.90
84.	1.00
85.	1.12
86.	1.38
87.	1.67
88.	1.51
89.	1.57
90.	1.77
91.	1.90
92.	0.93
93.	1.38
94.	1.25
95.	1.35
96.	1.22

	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,410	0,449	0,633
2	1,860	0,592	1,101
3	1,190	0,379	0,451
4	1,510	0,481	0,726
5	1,060	0,337	0,358
6	1,090	0,347	0,378
7	1,570	0,500	0,785
8	1,320	0,420	0,555
9	1,350	0,430	0,580
10	1,410	0,449	0,633
11	1,060	0,337	0,358
12	1,610	0,512	0,825
13	1,480	0,471	0,697
14	1,770	0,563	0,997
15	1,380	0,439	0,606
16	1,450	0,462	0,669
17	1,450	0,462	0,669
18	2,060	0,656	1,351
19	1,350	0,430	0,580
20	1,120	0,357	0,399
21	1,450	0,462	0,669
22	1,090	0,347	0,378
23	1,350	0,430	0,580
24	1,350	0,430	0,580
25	1,190	0,379	0,451
26	1,220	0,388	0,474
27	1,350	0,430	0,580
28	1,220	0,388	0,474
29	1,090	0,347	0,378
30	1,290	0,411	0,530
31	1,120	0,357	0,399
32	0,960	0,306	0,293
33	1,960	0,624	1,223
34	1,000	0,318	0,318
35	1,700	0,541	0,920
36	1,380	0,439	0,606
37	1,320	0,420	0,555
38	1,220	0,388	0,474
39	1,160	0,369	0,428
40	1,860	0,592	1,101
41	1,120	0,357	0,399
42	1,380	0,439	0,606
43	1,930	0,614	1,186
44	1,160	0,369	0,428
45	1,610	0,512	0,825
46	1,900	0,605	1,149
47	1,540	0,490	0,755
48	1,800	0,573	1,031
49	1,320	0,420	0,555
50	1,570	0,500	0,785
51	1,800	0,573	1,031
52	1,380	0,439	0,606
53	1,540	0,490	0,755
54	1,450	0,462	0,669
55	1,410	0,449	0,633
56	1,670	0,532	0,888
57	1,610	0,512	0,825
58	1,510	0,481	0,726
59	1,120	0,357	0,399
60	2,060	0,656	1,351
61	2,150	0,684	1,471
62	1,290	0,411	0,530
63	1,450	0,462	0,669
64	1,900	0,605	1,149
65	1,960	0,624	1,223
66	1,570	0,500	0,785
67	1,540	0,490	0,755
68	1,480	0,471	0,697
69	1,220	0,388	0,474
70	1,410	0,449	0,633
71	1,540	0,490	0,755
72	1,770	0,563	0,997
73	1,350	0,430	0,580
74	1,090	0,347	0,378
75	1,510	0,481	0,726
76	1,030	0,328	0,338
77	1,410	0,449	0,633
78	1,350	0,430	0,580
79	1,450	0,462	0,669
80	1,990	0,633	1,261
81	1,740	0,554	0,964
82	1,160	0,369	0,428
83	0,900	0,286	0,258
84	1,000	0,318	0,318
85	1,120	0,357	0,399
86	1,380	0,439	0,606
87	1,670	0,532	0,888
88	1,510	0,481	0,726
89	1,570	0,500	0,785
90	1,770	0,563	0,997
91	1,900	0,605	1,149
92	0,930	0,296	0,275
93	1,380	0,439	0,606
94	1,250	0,398	0,497
95	1,350	0,430	0,580
96	1,220	0,388	0,474



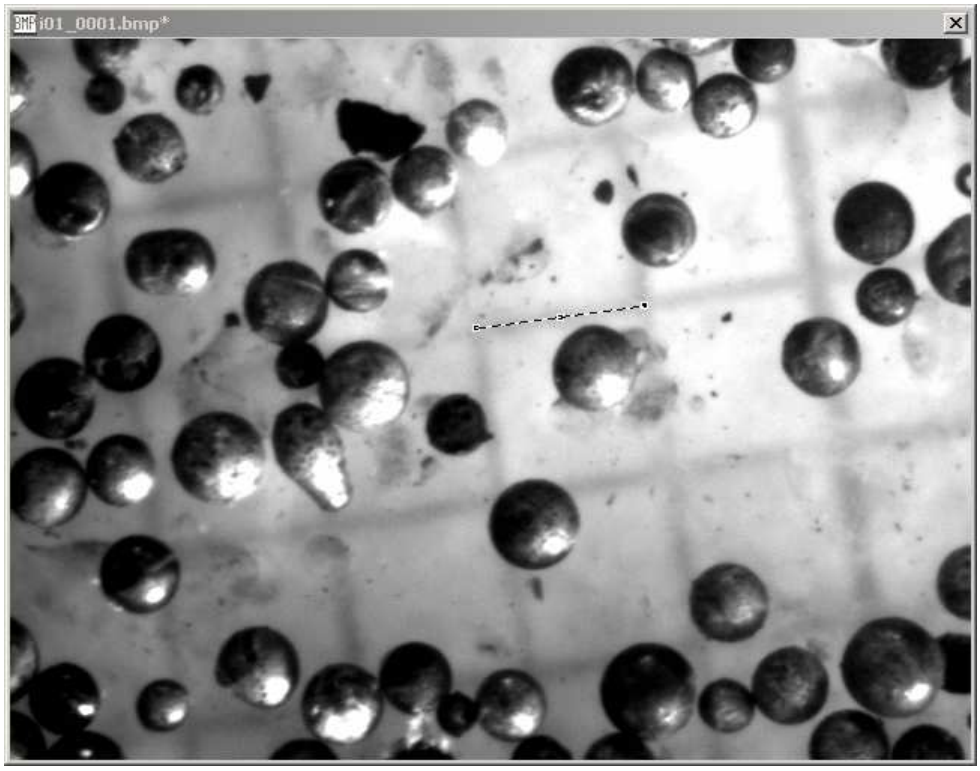

im10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62

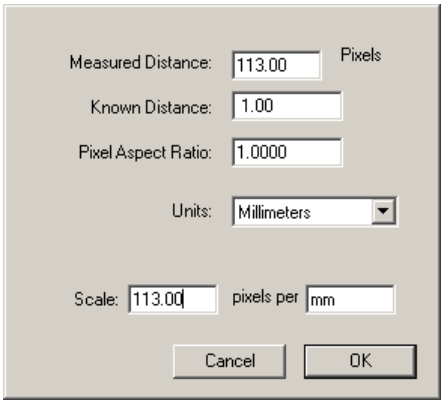
Results

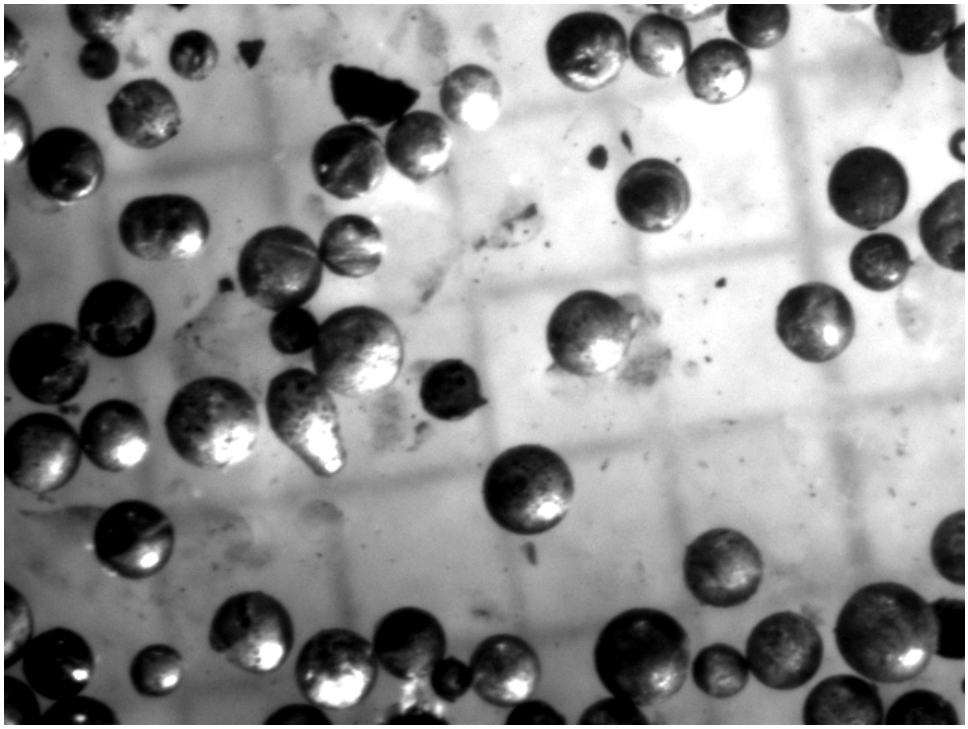
	Length
1.	1.41
2.	1.77
3.	1.93
4.	1.35
5.	1.51
6.	1.45
7.	1.35
8.	1.51
9.	1.41
10.	1.57
11.	1.35
12.	1.29
13.	1.32
14.	1.51
15.	1.41
16.	1.19
17.	1.48
18.	1.29
19.	1.80
20.	1.45
21.	1.48
22.	1.35
23.	1.67
24.	1.51
25.	1.64
26.	1.09
27.	1.29
28.	1.57
29.	1.57
30.	1.32
31.	1.09
32.	1.51
33.	1.67
34.	1.45
35.	1.25
36.	1.51
37.	1.96
38.	1.22
39.	1.54
40.	1.51
41.	1.38
42.	1.16
43.	1.48
44.	1.41
45.	1.06
46.	1.61
47.	1.19
48.	1.61
49.	1.03
50.	1.45
51.	1.61
52.	2.12
53.	1.29
54.	1.48
55.	1.19
56.	1.45
57.	1.70
58.	1.32
59.	1.51
60.	1.45
61.	1.61
62.	1.83

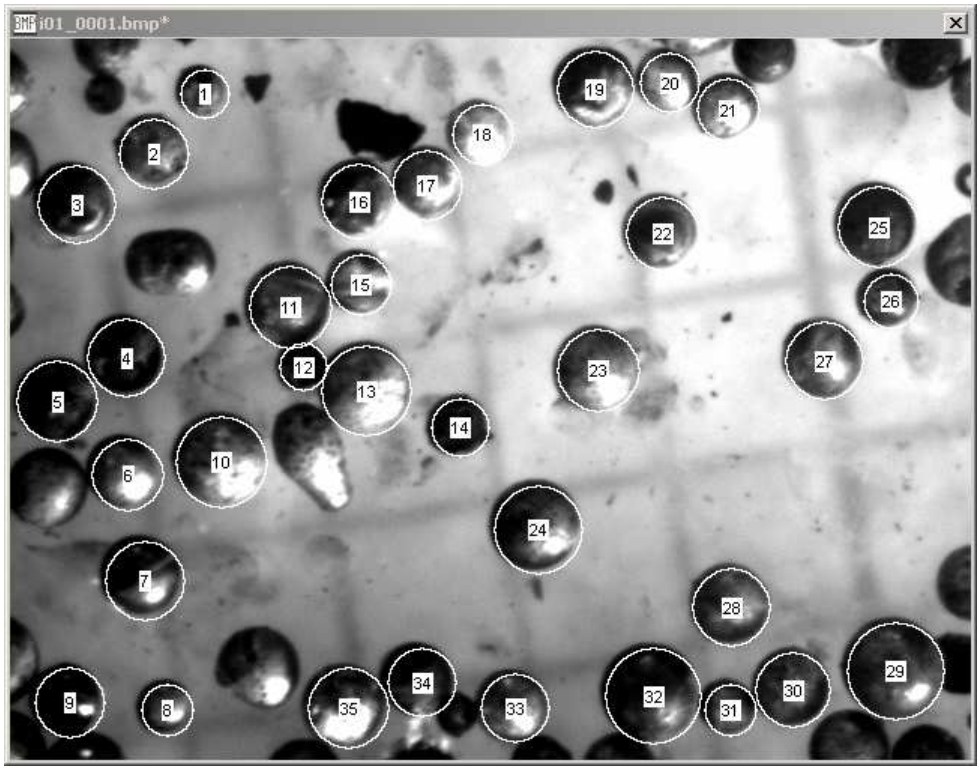
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,410	0,449	0,633
2	1,770	0,563	0,997
3	1,930	0,614	1,186
4	1,350	0,430	0,580
5	1,510	0,481	0,726
6	1,450	0,462	0,669
7	1,350	0,430	0,580
8	1,510	0,481	0,726
9	1,410	0,449	0,633
10	1,570	0,500	0,785
11	1,350	0,430	0,580
12	1,290	0,411	0,530
13	1,320	0,420	0,555
14	1,510	0,481	0,726
15	1,410	0,449	0,633
16	1,190	0,379	0,451
17	1,480	0,471	0,697
18	1,290	0,411	0,530
19	1,800	0,573	1,031
20	1,450	0,462	0,669
21	1,480	0,471	0,697
22	1,350	0,430	0,580
23	1,670	0,532	0,888
24	1,510	0,481	0,726
25	1,640	0,522	0,856
26	1,090	0,347	0,378
27	1,290	0,411	0,530
28	1,570	0,500	0,785
29	1,570	0,500	0,785
30	1,320	0,420	0,555
31	1,090	0,347	0,378
32	1,510	0,481	0,726
33	1,670	0,532	0,888
34	1,450	0,462	0,669
35	1,250	0,398	0,497
36	1,510	0,481	0,726
37	1,960	0,624	1,223
38	1,220	0,388	0,474
39	1,540	0,490	0,755
40	1,510	0,481	0,726
41	1,380	0,439	0,606
42	1,160	0,369	0,428
43	1,480	0,471	0,697
44	1,410	0,449	0,633
45	1,060	0,337	0,358
46	1,610	0,512	0,825
47	1,190	0,379	0,451
48	1,610	0,512	0,825
49	1,030	0,328	0,338
50	1,450	0,462	0,669
51	1,610	0,512	0,825
52	2,120	0,675	1,431
53	1,290	0,411	0,530
54	1,480	0,471	0,697
55	1,190	0,379	0,451
56	1,450	0,462	0,669
57	1,700	0,541	0,920
58	1,320	0,420	0,555
59	1,510	0,481	0,726
60	1,450	0,462	0,669
61	1,610	0,512	0,825
62	1,830	0,583	1,066

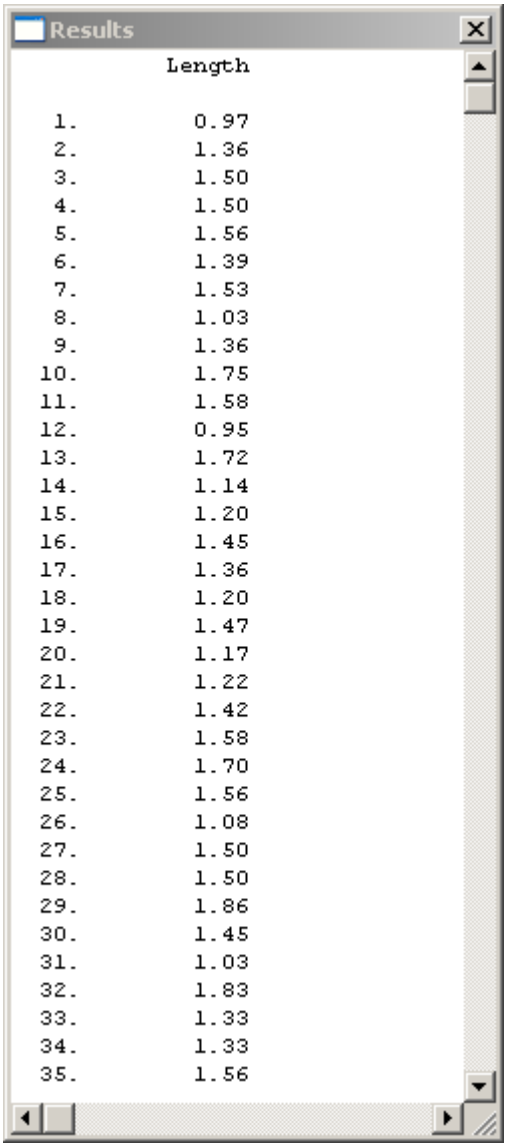
D.1.2 DIA 3 (24-ABRIL-2009)



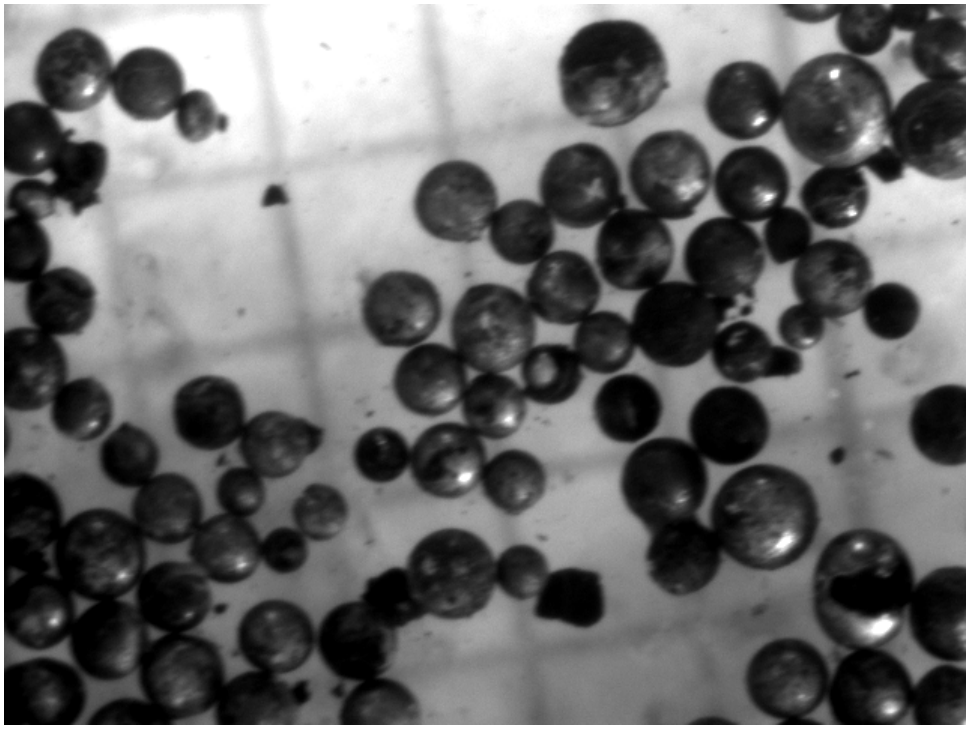


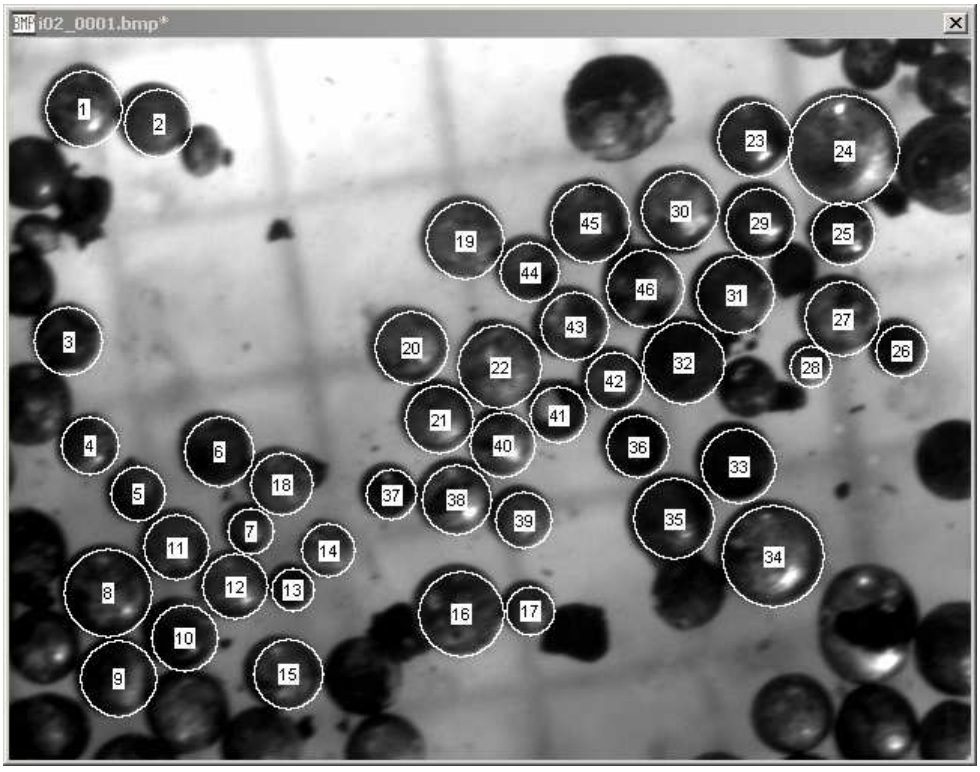


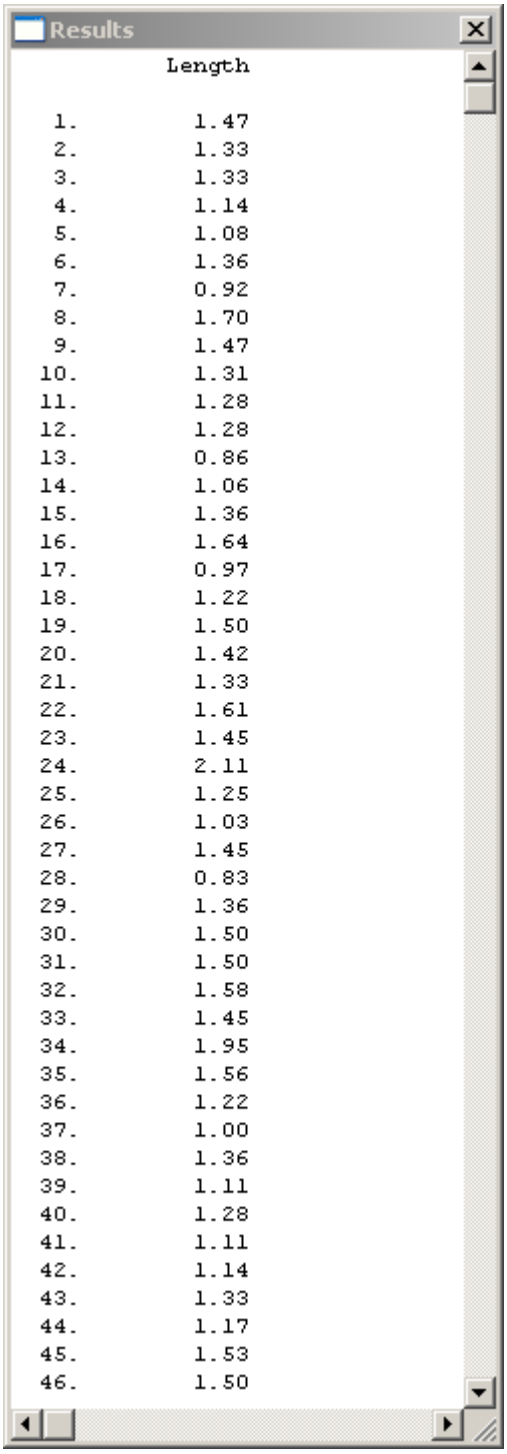

i01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35



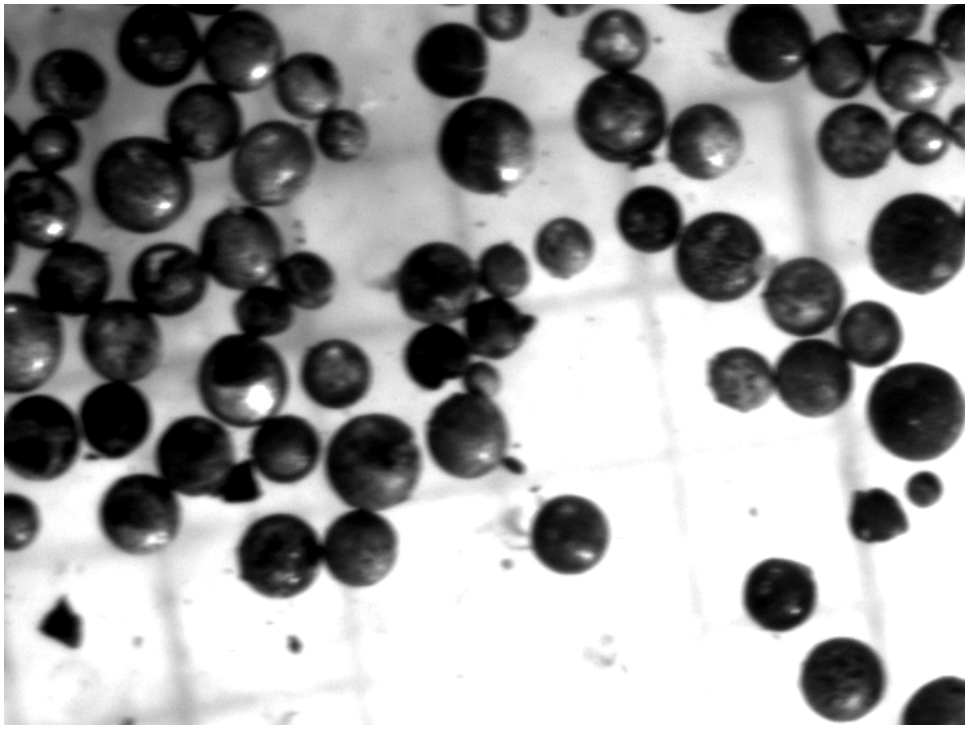
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	0,970	0,309	0,299
2	1,360	0,433	0,589
3	1,500	0,477	0,716
4	1,500	0,477	0,716
5	1,560	0,497	0,775
6	1,390	0,442	0,615
7	1,530	0,487	0,745
8	1,030	0,328	0,338
9	1,360	0,433	0,589
10	1,750	0,557	0,975
11	1,580	0,503	0,795
12	0,950	0,302	0,287
13	1,720	0,547	0,942
14	1,140	0,363	0,414
15	1,200	0,382	0,458
16	1,450	0,462	0,669
17	1,360	0,433	0,589
18	1,200	0,382	0,458
19	1,470	0,468	0,688
20	1,170	0,372	0,436
21	1,220	0,388	0,474
22	1,420	0,452	0,642
23	1,580	0,503	0,795
24	1,700	0,541	0,920
25	1,560	0,497	0,775
26	1,080	0,344	0,371
27	1,500	0,477	0,716
28	1,500	0,477	0,716
29	1,860	0,592	1,101
30	1,450	0,462	0,669
31	1,030	0,328	0,338
32	1,830	0,583	1,066
33	1,330	0,423	0,563
34	1,330	0,423	0,563
35	1,560	0,497	0,775



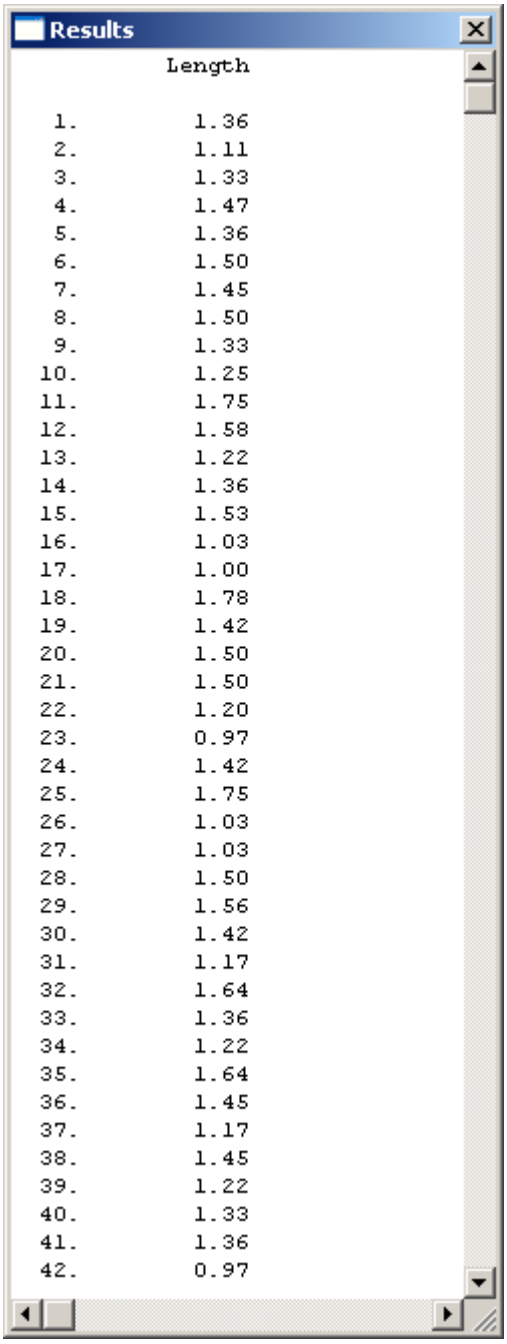

i02_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46



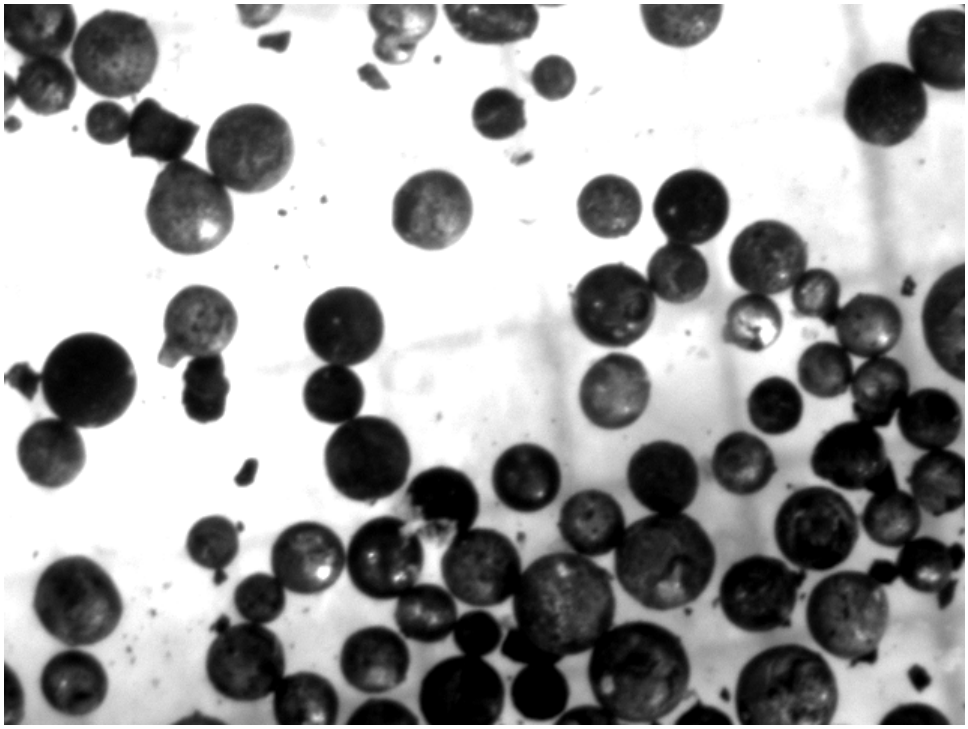
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,470	0,468	0,688
2	1,330	0,423	0,563
3	1,330	0,423	0,563
4	1,140	0,363	0,414
5	1,080	0,344	0,371
6	1,360	0,433	0,589
7	0,920	0,293	0,269
8	1,700	0,541	0,920
9	1,470	0,468	0,688
10	1,310	0,417	0,546
11	1,280	0,407	0,522
12	1,280	0,407	0,522
13	0,860	0,274	0,235
14	1,060	0,337	0,358
15	1,360	0,433	0,589
16	1,640	0,522	0,856
17	0,970	0,309	0,299
18	1,220	0,388	0,474
19	1,500	0,477	0,716
20	1,420	0,452	0,642
21	1,330	0,423	0,563
22	1,610	0,512	0,825
23	1,450	0,462	0,669
24	2,110	0,672	1,417
25	1,250	0,398	0,497
26	1,030	0,328	0,338
27	1,450	0,462	0,669
28	0,830	0,264	0,219
29	1,360	0,433	0,589
30	1,500	0,477	0,716
31	1,500	0,477	0,716
32	1,580	0,503	0,795
33	1,450	0,462	0,669
34	1,950	0,621	1,210
35	1,560	0,497	0,775
36	1,220	0,388	0,474
37	1,000	0,318	0,318
38	1,360	0,433	0,589
39	1,110	0,353	0,392
40	1,280	0,407	0,522
41	1,110	0,353	0,392
42	1,140	0,363	0,414
43	1,330	0,423	0,563
44	1,170	0,372	0,436
45	1,530	0,487	0,745
46	1,500	0,477	0,716

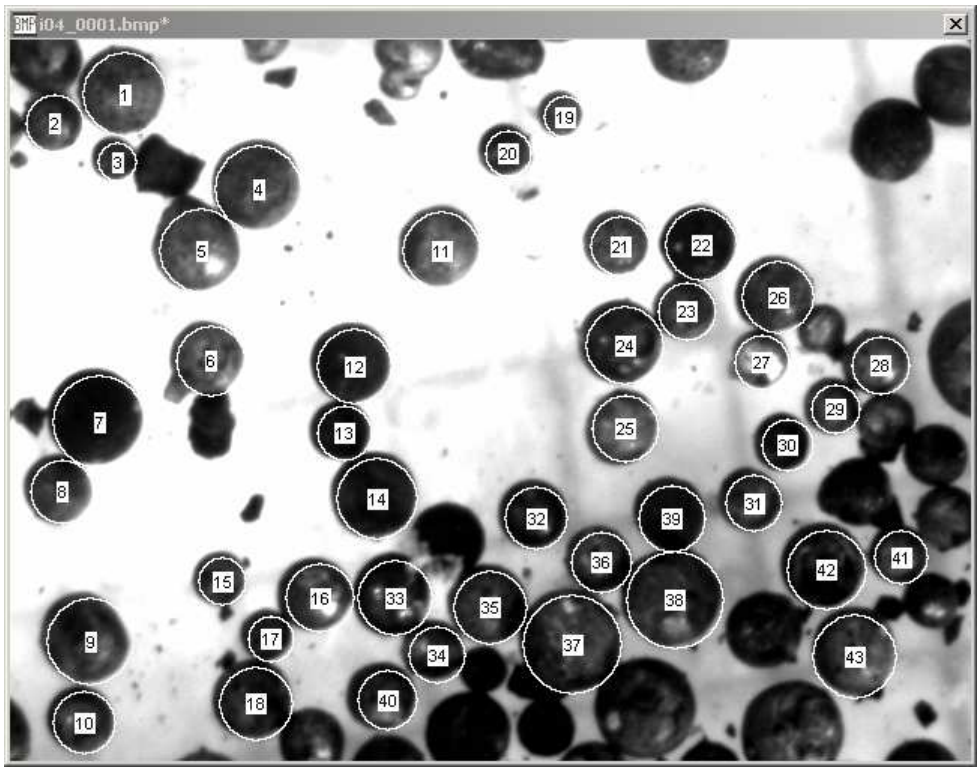


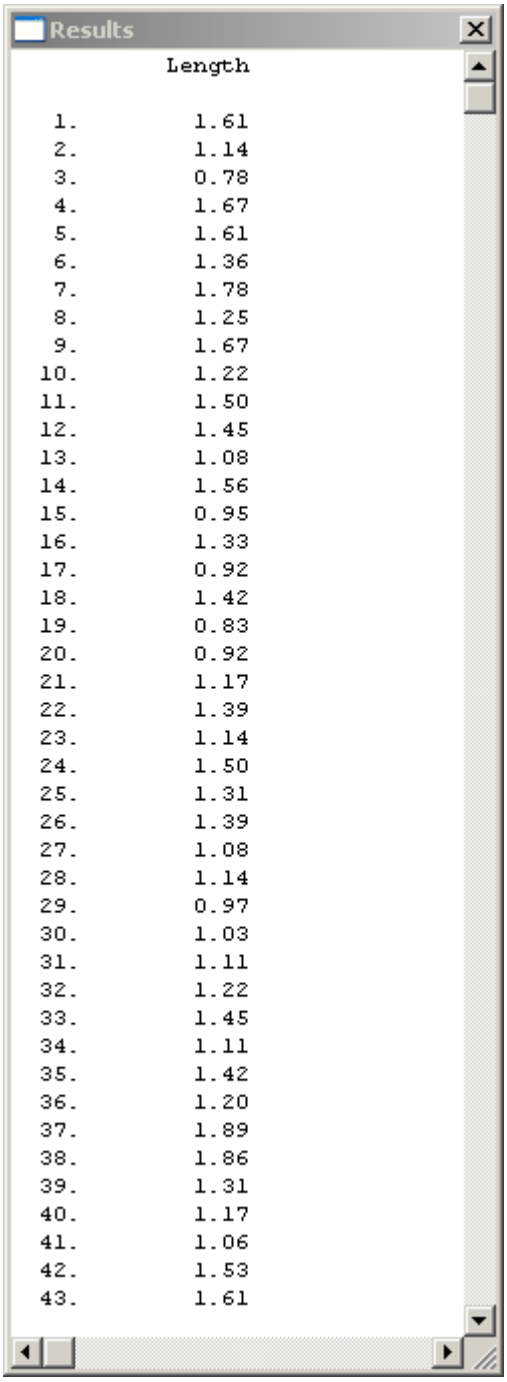

i03_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42



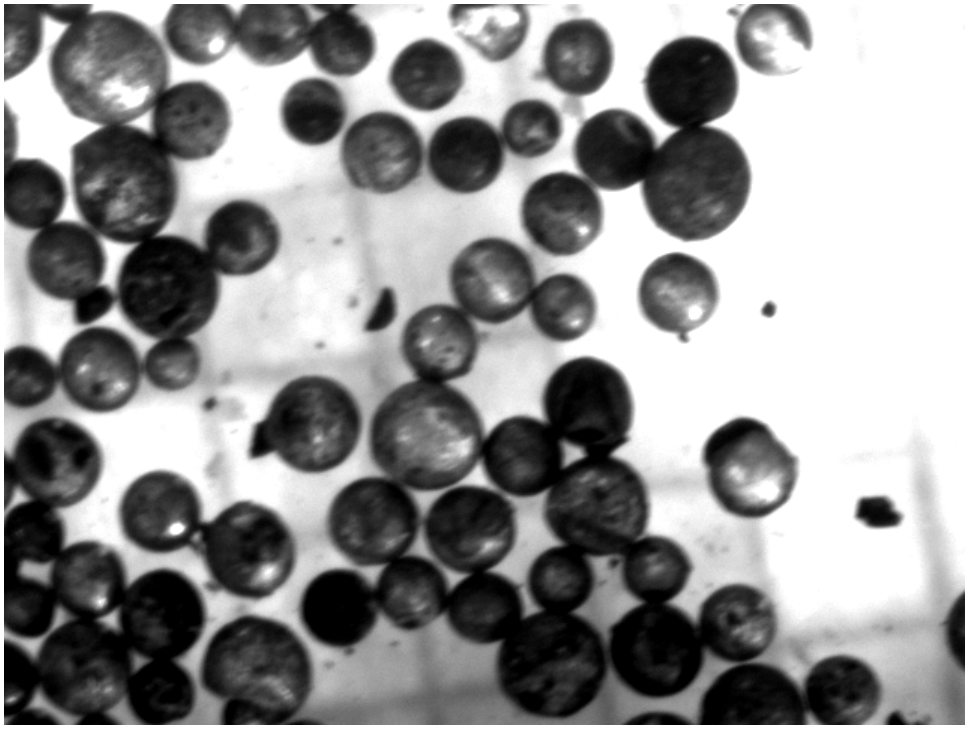
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,360	0,433	0,589
2	1,110	0,353	0,392
3	1,330	0,423	0,563
4	1,470	0,468	0,688
5	1,360	0,433	0,589
6	1,500	0,477	0,716
7	1,450	0,462	0,669
8	1,500	0,477	0,716
9	1,330	0,423	0,563
10	1,250	0,398	0,497
11	1,750	0,557	0,975
12	1,580	0,503	0,795
13	1,220	0,388	0,474
14	1,360	0,433	0,589
15	1,530	0,487	0,745
16	1,030	0,328	0,338
17	1,000	0,318	0,318
18	1,780	0,567	1,009
19	1,420	0,452	0,642
20	1,500	0,477	0,716
21	1,500	0,477	0,716
22	1,200	0,382	0,458
23	0,970	0,309	0,299
24	1,420	0,452	0,642
25	1,750	0,557	0,975
26	1,030	0,328	0,338
27	1,030	0,328	0,338
28	1,500	0,477	0,716
29	1,560	0,497	0,775
30	1,420	0,452	0,642
31	1,170	0,372	0,436
32	1,640	0,522	0,856
33	1,360	0,433	0,589
34	1,220	0,388	0,474
35	1,640	0,522	0,856
36	1,450	0,462	0,669
37	1,170	0,372	0,436
38	1,450	0,462	0,669
39	1,220	0,388	0,474
40	1,330	0,423	0,563
41	1,360	0,433	0,589
42	0,970	0,309	0,299

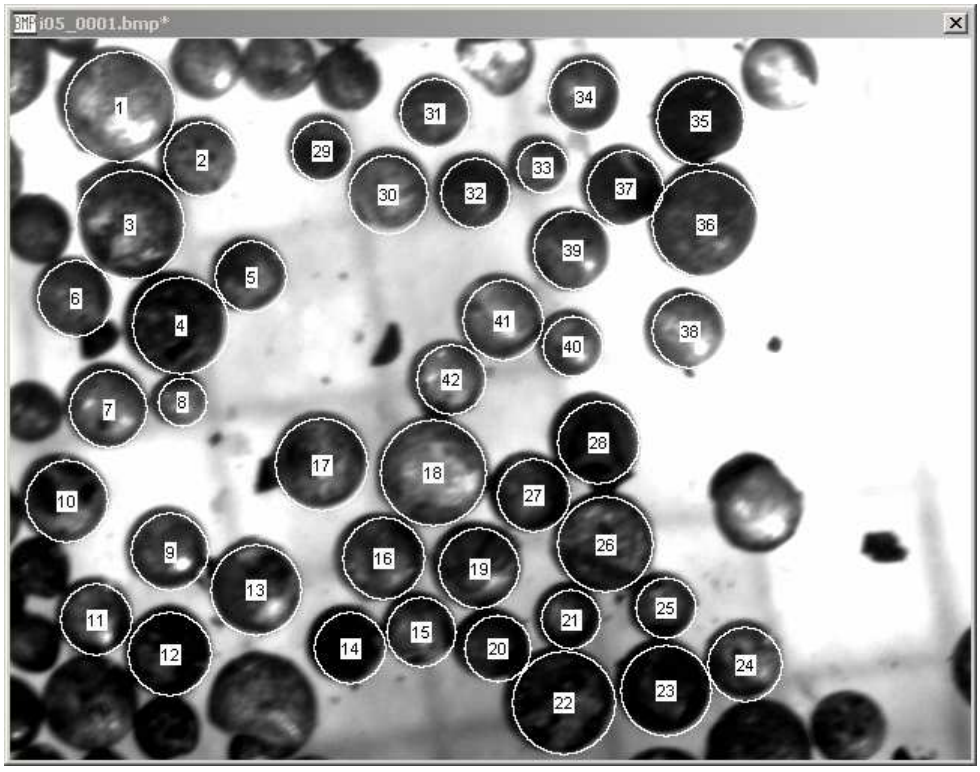


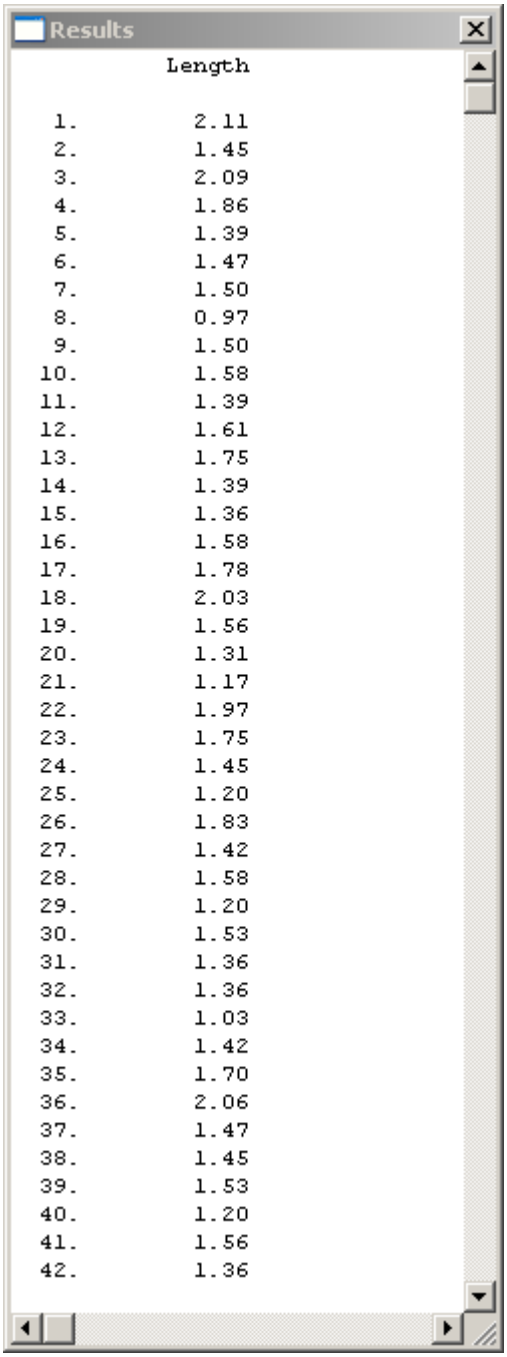

i04_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43



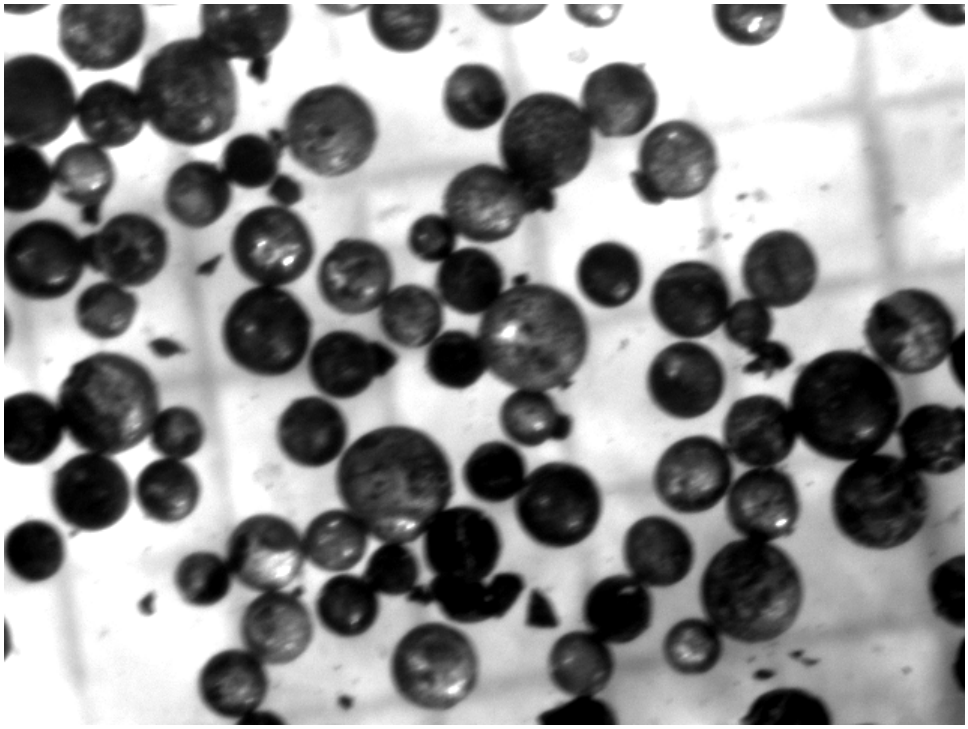
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,610	0,512	0,825
2	1,140	0,363	0,414
3	0,780	0,248	0,194
4	1,670	0,532	0,888
5	1,610	0,512	0,825
6	1,360	0,433	0,589
7	1,780	0,567	1,009
8	1,250	0,398	0,497
9	1,670	0,532	0,888
10	1,220	0,388	0,474
11	1,500	0,477	0,716
12	1,450	0,462	0,669
13	1,080	0,344	0,371
14	1,560	0,497	0,775
15	0,950	0,302	0,287
16	1,330	0,423	0,563
17	0,920	0,293	0,269
18	1,420	0,452	0,642
19	0,830	0,264	0,219
20	0,920	0,293	0,269
21	1,170	0,372	0,436
22	1,390	0,442	0,615
23	1,140	0,363	0,414
24	1,500	0,477	0,716
25	1,310	0,417	0,546
26	1,390	0,442	0,615
27	1,080	0,344	0,371
28	1,140	0,363	0,414
29	0,970	0,309	0,299
30	1,030	0,328	0,338
31	1,110	0,353	0,392
32	1,220	0,388	0,474
33	1,450	0,462	0,669
34	1,110	0,353	0,392
35	1,420	0,452	0,642
36	1,200	0,382	0,458
37	1,890	0,602	1,137
38	1,860	0,592	1,101
39	1,310	0,417	0,546
40	1,170	0,372	0,436
41	1,060	0,337	0,358
42	1,530	0,487	0,745
43	1,610	0,512	0,825

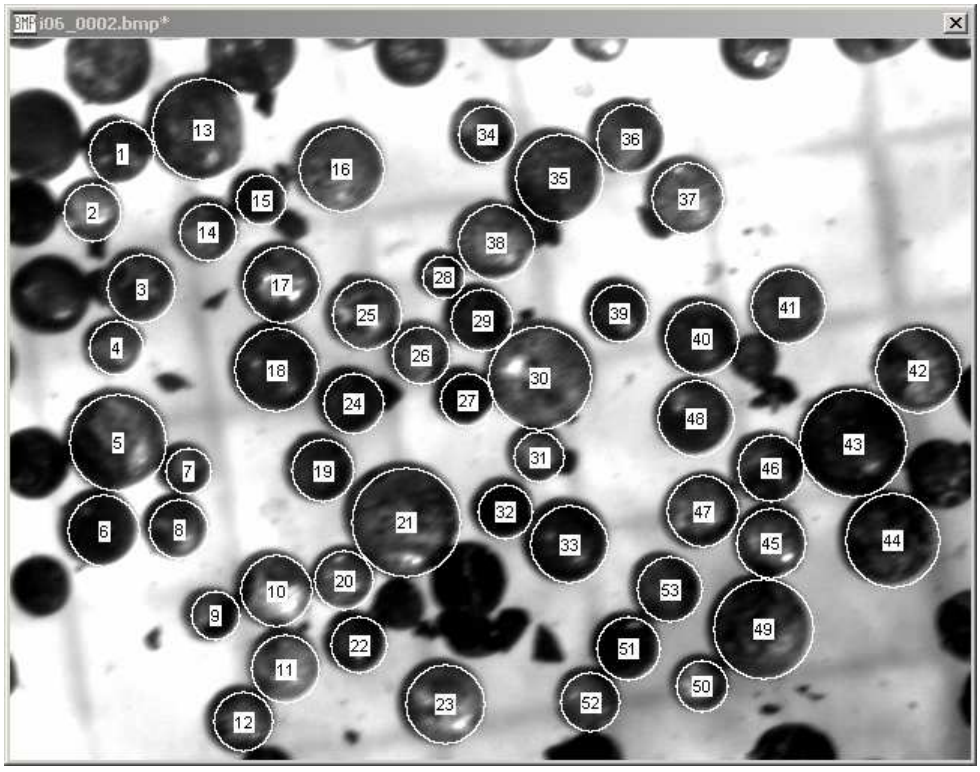


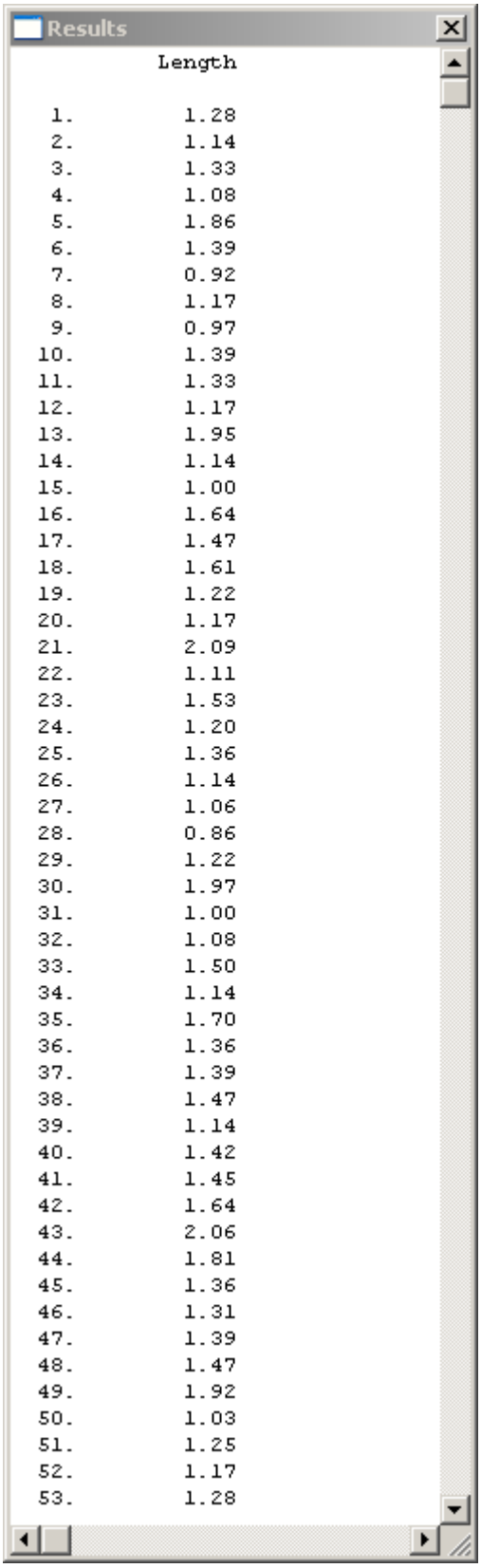

i05_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42



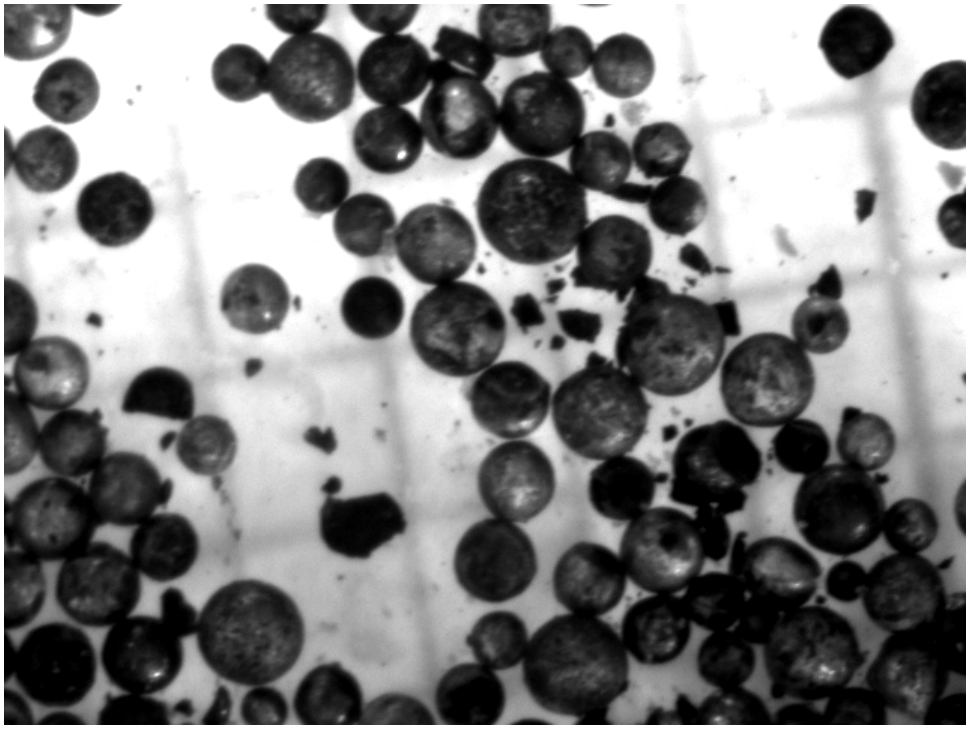
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,110	0,672	1,417
2	1,450	0,462	0,669
3	2,090	0,665	1,390
4	1,860	0,592	1,101
5	1,390	0,442	0,615
6	1,470	0,468	0,688
7	1,500	0,477	0,716
8	0,970	0,309	0,299
9	1,500	0,477	0,716
10	1,580	0,503	0,795
11	1,390	0,442	0,615
12	1,610	0,512	0,825
13	1,750	0,557	0,975
14	1,390	0,442	0,615
15	1,360	0,433	0,589
16	1,580	0,503	0,795
17	1,780	0,567	1,009
18	2,030	0,646	1,312
19	1,560	0,497	0,775
20	1,310	0,417	0,546
21	1,170	0,372	0,436
22	1,970	0,627	1,235
23	1,750	0,557	0,975
24	1,450	0,462	0,669
25	1,200	0,382	0,458
26	1,830	0,583	1,066
27	1,420	0,452	0,642
28	1,580	0,503	0,795
29	1,200	0,382	0,458
30	1,530	0,487	0,745
31	1,360	0,433	0,589
32	1,360	0,433	0,589
33	1,030	0,328	0,338
34	1,420	0,452	0,642
35	1,700	0,541	0,920
36	2,060	0,656	1,351
37	1,470	0,468	0,688
38	1,450	0,462	0,669
39	1,530	0,487	0,745
40	1,200	0,382	0,458
41	1,560	0,497	0,775
42	1,360	0,433	0,589

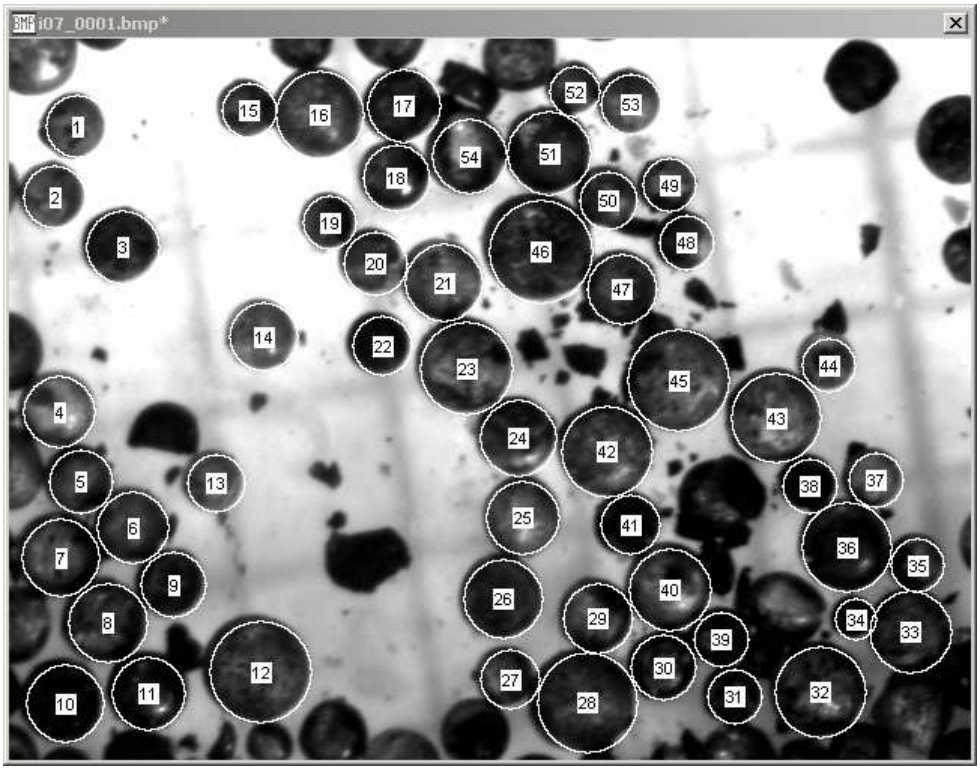


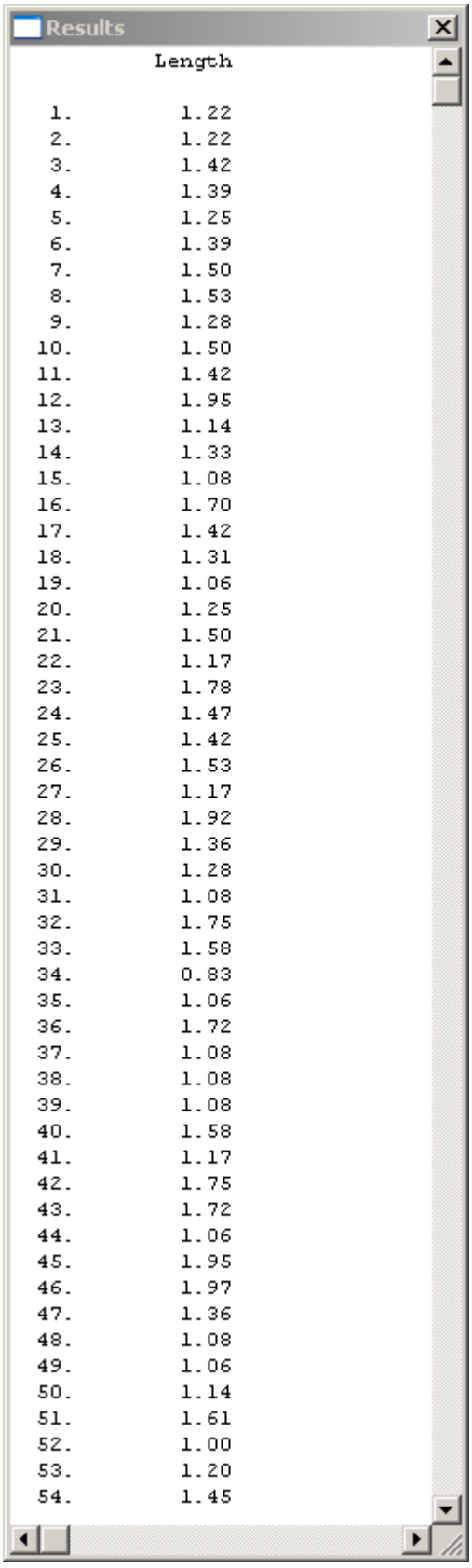

i06_0002.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53



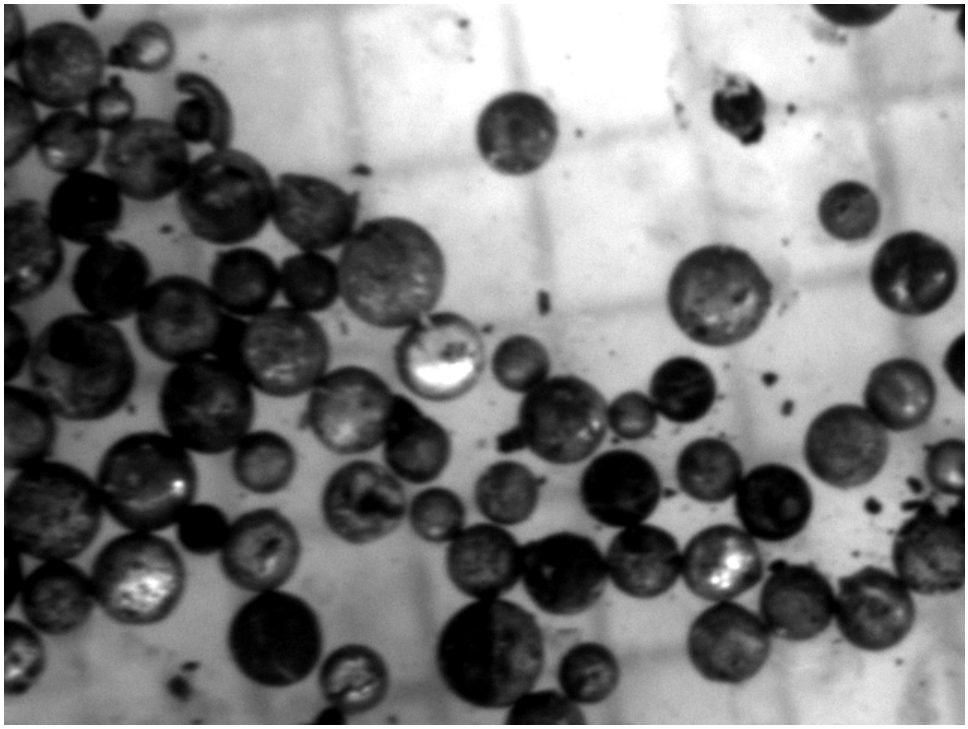
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,280	0,407	0,522
2	1,140	0,363	0,414
3	1,330	0,423	0,563
4	1,080	0,344	0,371
5	1,860	0,592	1,101
6	1,390	0,442	0,615
7	0,920	0,293	0,269
8	1,170	0,372	0,436
9	0,970	0,309	0,299
10	1,390	0,442	0,615
11	1,330	0,423	0,563
12	1,170	0,372	0,436
13	1,950	0,621	1,210
14	1,140	0,363	0,414
15	1,000	0,318	0,318
16	1,640	0,522	0,856
17	1,470	0,468	0,688
18	1,610	0,512	0,825
19	1,220	0,388	0,474
20	1,170	0,372	0,436
21	2,090	0,665	1,390
22	1,110	0,353	0,392
23	1,530	0,487	0,745
24	1,200	0,382	0,458
25	1,360	0,433	0,589
26	1,140	0,363	0,414
27	1,060	0,337	0,358
28	0,860	0,274	0,235
29	1,220	0,388	0,474
30	1,970	0,627	1,235
31	1,000	0,318	0,318
32	1,080	0,344	0,371
33	1,500	0,477	0,716
34	1,140	0,363	0,414
35	1,700	0,541	0,920
36	1,360	0,433	0,589
37	1,390	0,442	0,615
38	1,470	0,468	0,688
39	1,140	0,363	0,414
40	1,420	0,452	0,642
41	1,450	0,462	0,669
42	1,640	0,522	0,856
43	2,060	0,656	1,351
44	1,810	0,576	1,043
45	1,360	0,433	0,589
46	1,310	0,417	0,546
47	1,390	0,442	0,615
48	1,470	0,468	0,688
49	1,920	0,611	1,173
50	1,030	0,328	0,338
51	1,250	0,398	0,497
52	1,170	0,372	0,436
53	1,280	0,407	0,522

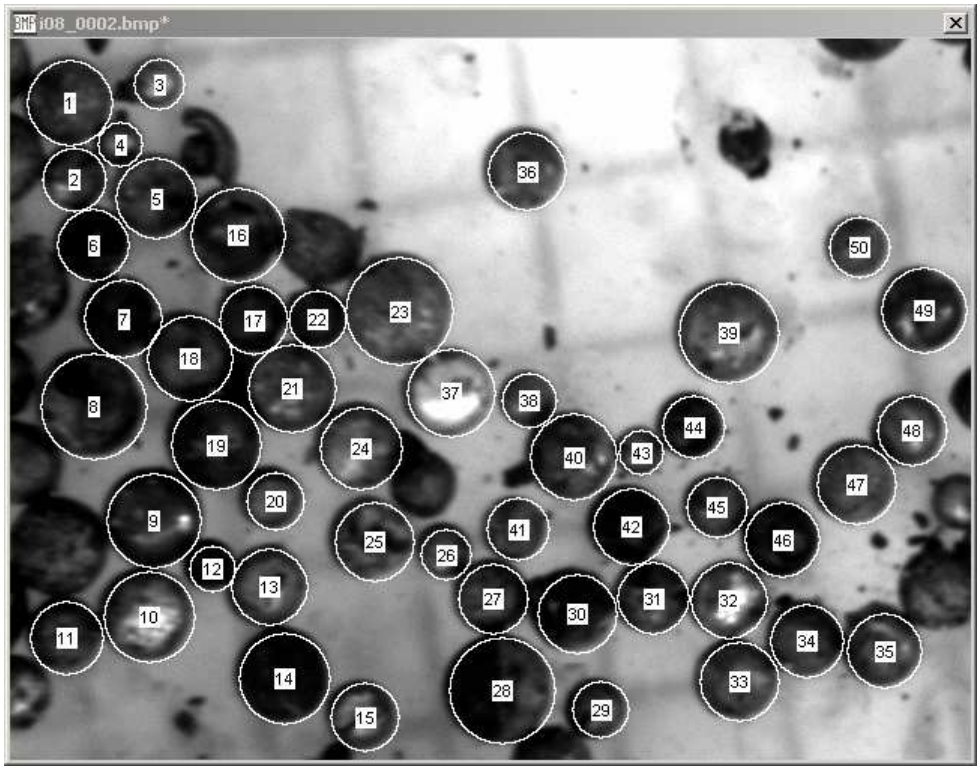


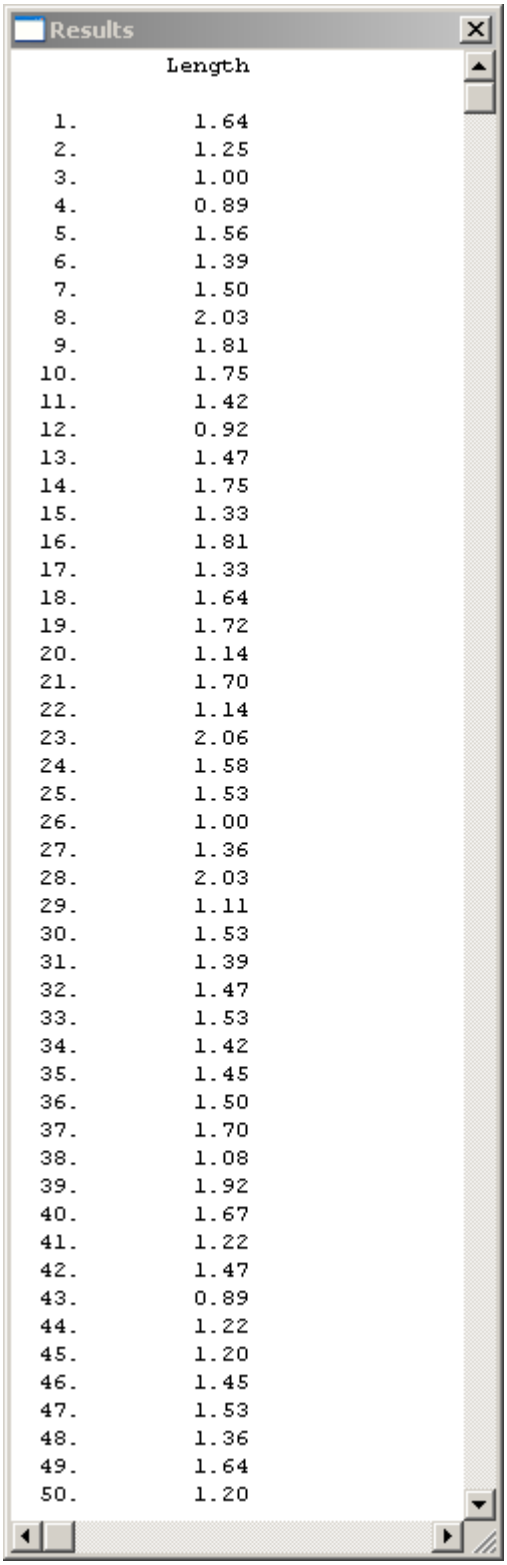

07_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54



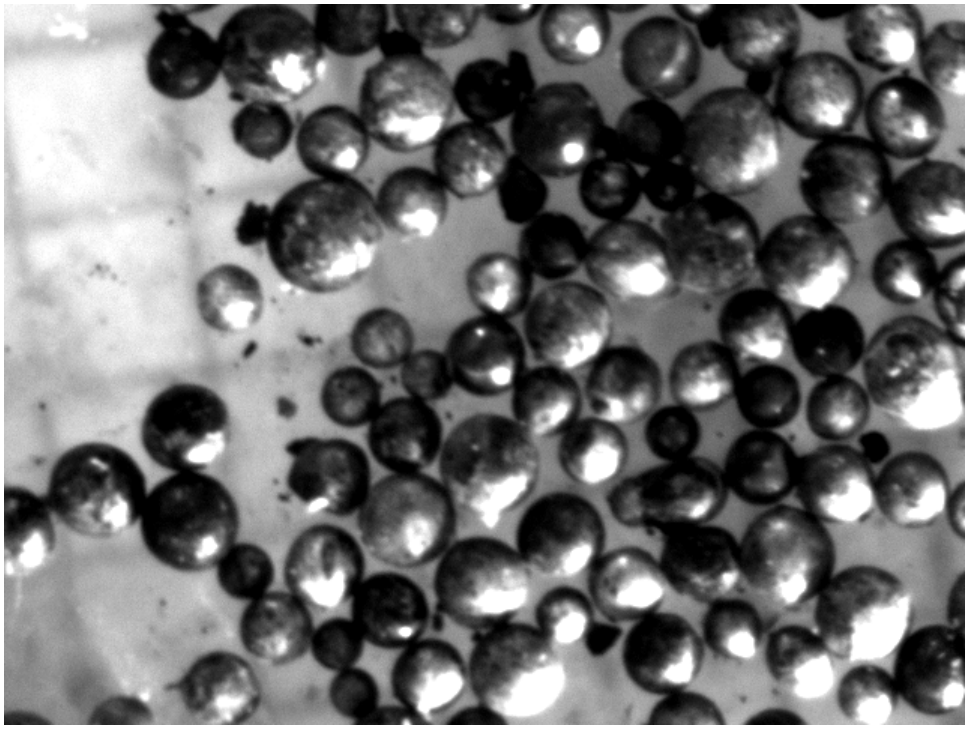
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,220	0,388	0,474
2	1,220	0,388	0,474
3	1,420	0,452	0,642
4	1,390	0,442	0,615
5	1,250	0,398	0,497
6	1,390	0,442	0,615
7	1,500	0,477	0,716
8	1,530	0,487	0,745
9	1,280	0,407	0,522
10	1,500	0,477	0,716
11	1,420	0,452	0,642
12	1,950	0,621	1,210
13	1,140	0,363	0,414
14	1,330	0,423	0,563
15	1,080	0,344	0,371
16	1,700	0,541	0,920
17	1,420	0,452	0,642
18	1,310	0,417	0,546
19	1,060	0,337	0,358
20	1,250	0,398	0,497
21	1,500	0,477	0,716
22	1,170	0,372	0,436
23	1,780	0,567	1,009
24	1,470	0,468	0,688
25	1,420	0,452	0,642
26	1,530	0,487	0,745
27	1,170	0,372	0,436
28	1,920	0,611	1,173
29	1,360	0,433	0,589
30	1,280	0,407	0,522
31	1,080	0,344	0,371
32	1,750	0,557	0,975
33	1,580	0,503	0,795
34	0,830	0,264	0,219
35	1,060	0,337	0,358
36	1,720	0,547	0,942
37	1,080	0,344	0,371
38	1,080	0,344	0,371
39	1,080	0,344	0,371
40	1,580	0,503	0,795
41	1,170	0,372	0,436
42	1,750	0,557	0,975
43	1,720	0,547	0,942
44	1,060	0,337	0,358
45	1,950	0,621	1,210
46	1,970	0,627	1,235
47	1,360	0,433	0,589
48	1,080	0,344	0,371
49	1,060	0,337	0,358
50	1,140	0,363	0,414
51	1,610	0,512	0,825
52	1,000	0,318	0,318
53	1,200	0,382	0,458
54	1,450	0,462	0,669



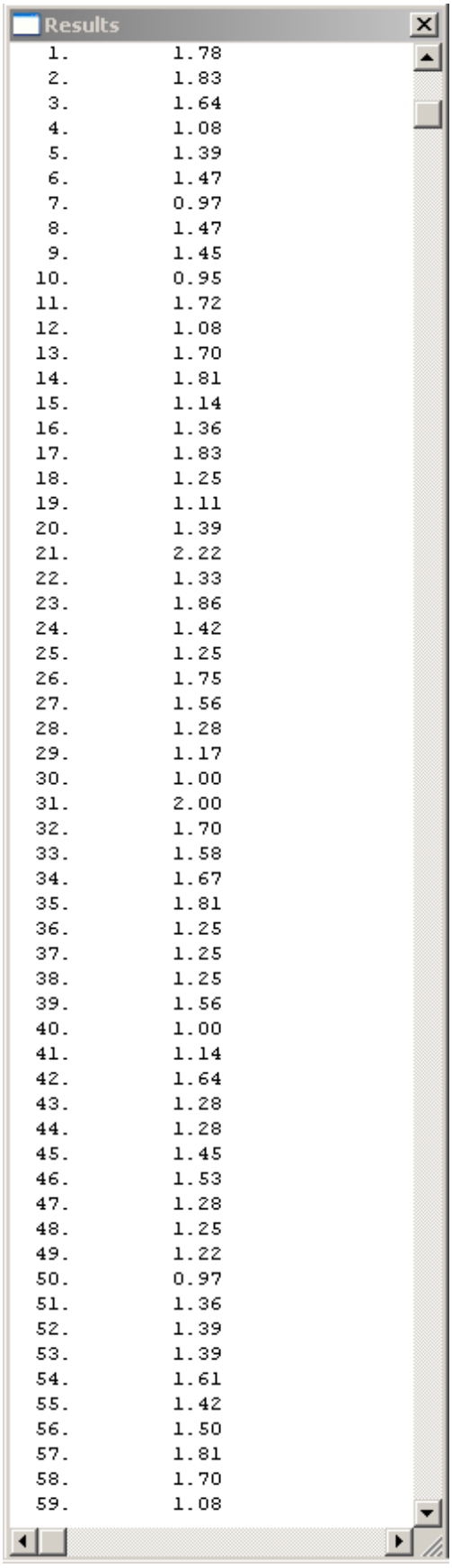

i08_0002.bmp*
1
3
4
2
5
16
6
36
50
49
7
17
22
23
39
18
21
37
38
8
44
48
19
24
40
43
47
20
45
9
25
41
42
46
12
26
13
27
31
32
10
30
34
35
11
14
28
33
15
29



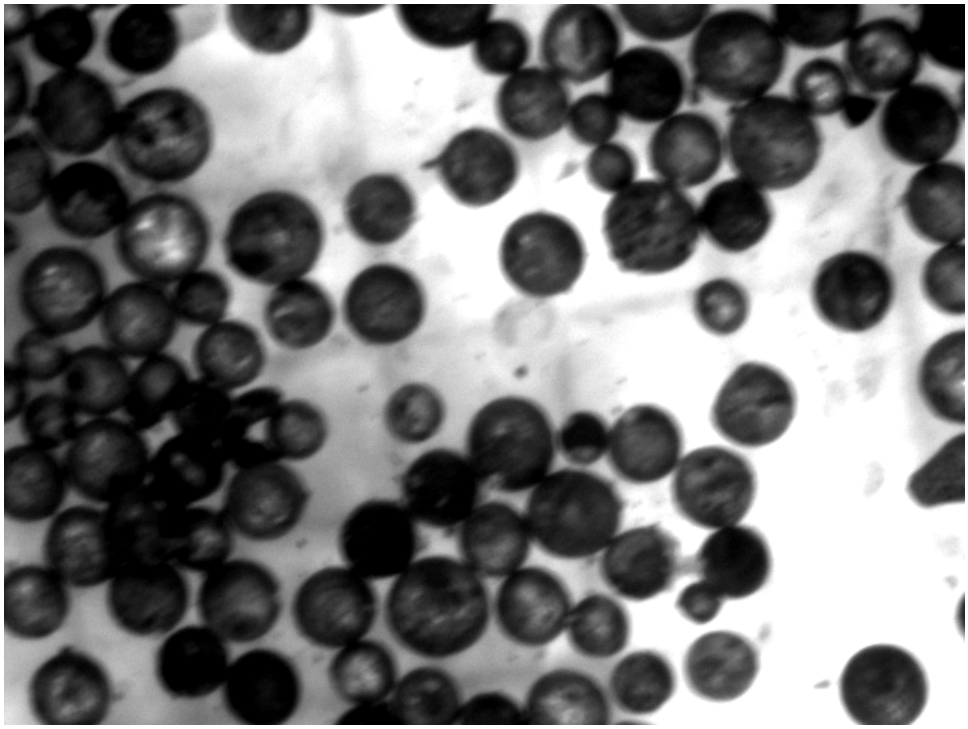
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,640	0,522	0,856
2	1,250	0,398	0,497
3	1,000	0,318	0,318
4	0,890	0,283	0,252
5	1,560	0,497	0,775
6	1,390	0,442	0,615
7	1,500	0,477	0,716
8	2,030	0,646	1,312
9	1,810	0,576	1,043
10	1,750	0,557	0,975
11	1,420	0,452	0,642
12	0,920	0,293	0,269
13	1,470	0,468	0,688
14	1,750	0,557	0,975
15	1,330	0,423	0,563
16	1,810	0,576	1,043
17	1,330	0,423	0,563
18	1,640	0,522	0,856
19	1,720	0,547	0,942
20	1,140	0,363	0,414
21	1,700	0,541	0,920
22	1,140	0,363	0,414
23	2,060	0,656	1,351
24	1,580	0,503	0,795
25	1,530	0,487	0,745
26	1,000	0,318	0,318
27	1,360	0,433	0,589
28	2,030	0,646	1,312
29	1,110	0,353	0,392
30	1,530	0,487	0,745
31	1,390	0,442	0,615
32	1,470	0,468	0,688
33	1,530	0,487	0,745
34	1,420	0,452	0,642
35	1,450	0,462	0,669
36	1,500	0,477	0,716
37	1,700	0,541	0,920
38	1,080	0,344	0,371
39	1,920	0,611	1,173
40	1,670	0,532	0,888
41	1,220	0,388	0,474
42	1,470	0,468	0,688
43	0,890	0,283	0,252
44	1,220	0,388	0,474
45	1,200	0,382	0,458
46	1,450	0,462	0,669
47	1,530	0,487	0,745
48	1,360	0,433	0,589
49	1,640	0,522	0,856
50	1,200	0,382	0,458

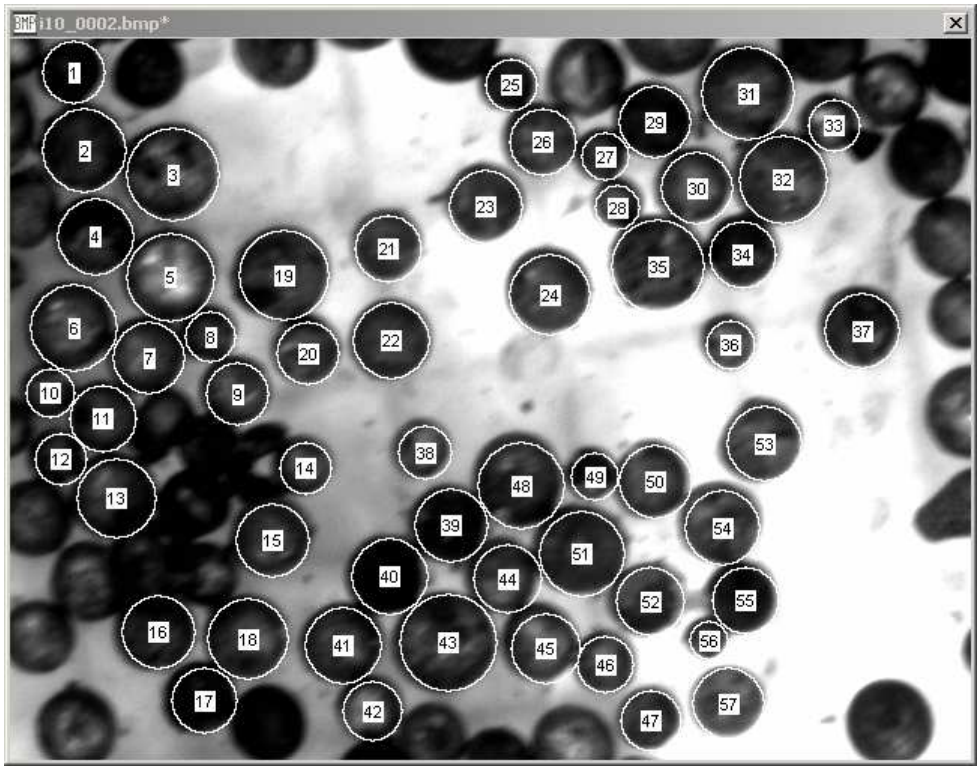


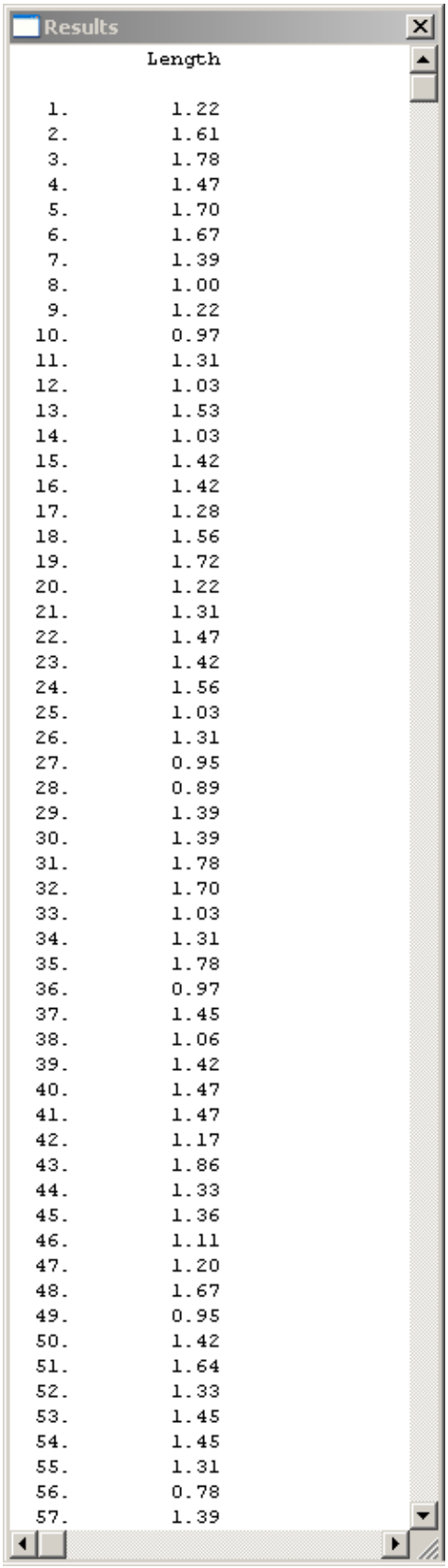

i09_0001.bmp*



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,780	0,567	1,009
2	1,830	0,583	1,066
3	1,640	0,522	0,856
4	1,080	0,344	0,371
5	1,390	0,442	0,615
6	1,470	0,468	0,688
7	0,970	0,309	0,299
8	1,470	0,468	0,688
9	1,450	0,462	0,669
10	0,950	0,302	0,287
11	1,720	0,547	0,942
12	1,080	0,344	0,371
13	1,700	0,541	0,920
14	1,810	0,576	1,043
15	1,140	0,363	0,414
16	1,360	0,433	0,589
17	1,830	0,583	1,066
18	1,250	0,398	0,497
19	1,110	0,353	0,392
20	1,390	0,442	0,615
21	2,220	0,707	1,569
22	1,330	0,423	0,563
23	1,860	0,592	1,101
24	1,420	0,452	0,642
25	1,250	0,398	0,497
26	1,750	0,557	0,975
27	1,560	0,497	0,775
28	1,280	0,407	0,522
29	1,170	0,372	0,436
30	1,000	0,318	0,318
31	2,000	0,637	1,273
32	1,700	0,541	0,920
33	1,580	0,503	0,795
34	1,670	0,532	0,888
35	1,810	0,576	1,043
36	1,250	0,398	0,497
37	1,250	0,398	0,497
38	1,250	0,398	0,497
39	1,560	0,497	0,775
40	1,000	0,318	0,318
41	1,140	0,363	0,414
42	1,640	0,522	0,856
43	1,280	0,407	0,522
44	1,280	0,407	0,522
45	1,450	0,462	0,669
46	1,530	0,487	0,745
47	1,280	0,407	0,522
48	1,250	0,398	0,497
49	1,220	0,388	0,474
50	0,970	0,309	0,299
51	1,360	0,433	0,589
52	1,390	0,442	0,615
53	1,390	0,442	0,615
54	1,610	0,512	0,825
55	1,420	0,452	0,642
56	1,500	0,477	0,716
57	1,810	0,576	1,043
58	1,700	0,541	0,920
59	1,080	0,344	0,371

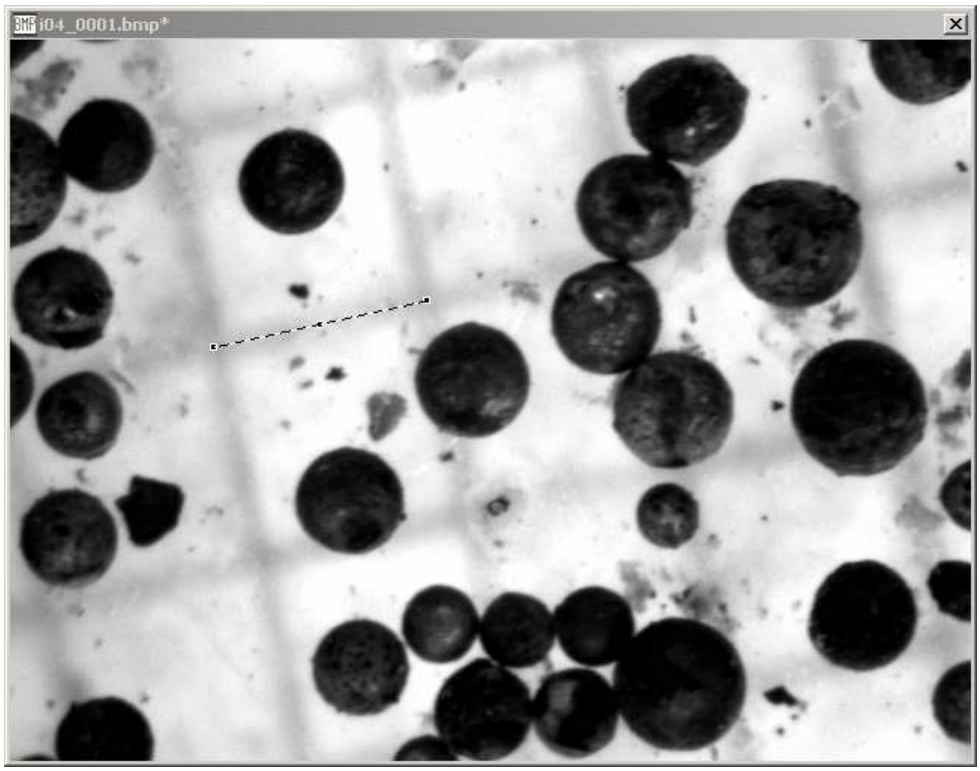


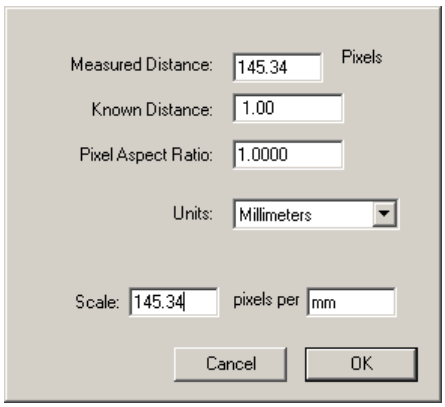

i10_0002.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57

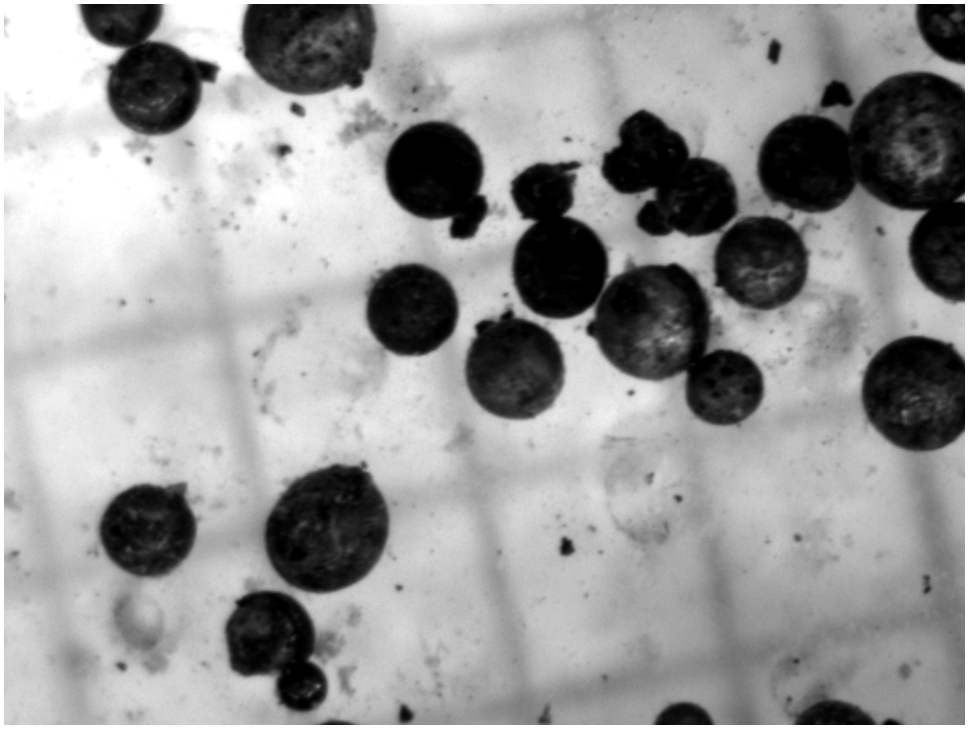


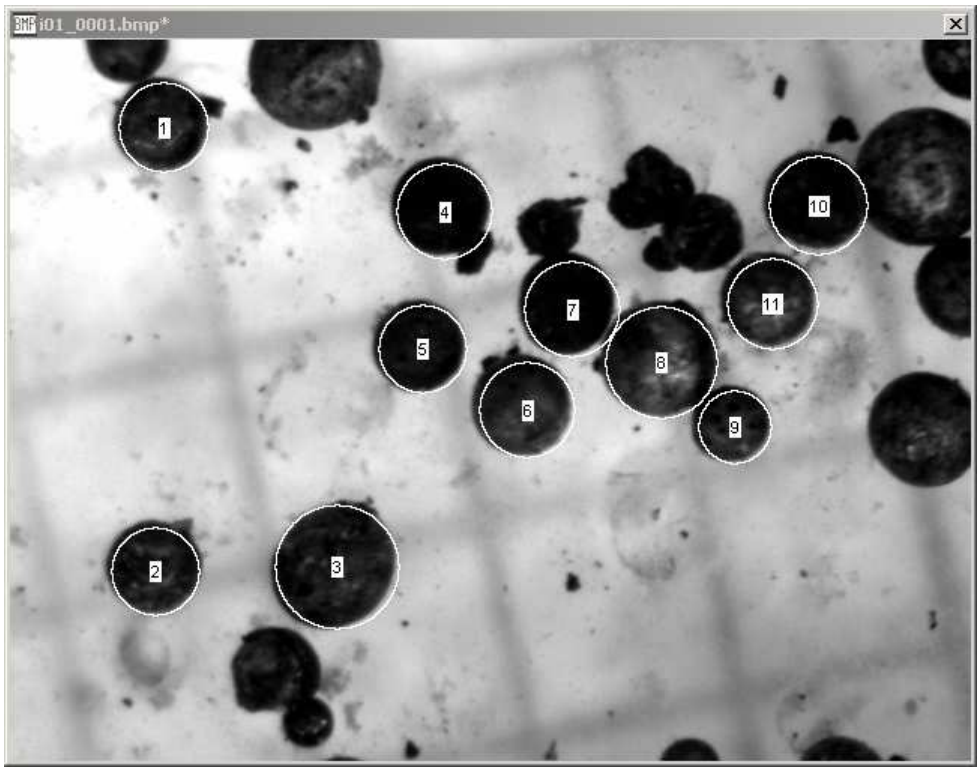
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,220	0,388	0,474
2	1,610	0,512	0,825
3	1,780	0,567	1,009
4	1,470	0,468	0,688
5	1,700	0,541	0,920
6	1,670	0,532	0,888
7	1,390	0,442	0,615
8	1,000	0,318	0,318
9	1,220	0,388	0,474
10	0,970	0,309	0,299
11	1,310	0,417	0,546
12	1,030	0,328	0,338
13	1,530	0,487	0,745
14	1,030	0,328	0,338
15	1,420	0,452	0,642
16	1,420	0,452	0,642
17	1,280	0,407	0,522
18	1,560	0,497	0,775
19	1,720	0,547	0,942
20	1,220	0,388	0,474
21	1,310	0,417	0,546
22	1,470	0,468	0,688
23	1,420	0,452	0,642
24	1,560	0,497	0,775
25	1,030	0,328	0,338
26	1,310	0,417	0,546
27	0,950	0,302	0,287
28	0,890	0,283	0,252
29	1,390	0,442	0,615
30	1,390	0,442	0,615
31	1,780	0,567	1,009
32	1,700	0,541	0,920
33	1,030	0,328	0,338
34	1,310	0,417	0,546
35	1,780	0,567	1,009
36	0,970	0,309	0,299
37	1,450	0,462	0,669
38	1,060	0,337	0,358
39	1,420	0,452	0,642
40	1,470	0,468	0,688
41	1,470	0,468	0,688
42	1,170	0,372	0,436
43	1,860	0,592	1,101
44	1,330	0,423	0,563
45	1,360	0,433	0,589
46	1,110	0,353	0,392
47	1,200	0,382	0,458
48	1,670	0,532	0,888
49	0,950	0,302	0,287
50	1,420	0,452	0,642
51	1,640	0,522	0,856
52	1,330	0,423	0,563
53	1,450	0,462	0,669
54	1,450	0,462	0,669
55	1,310	0,417	0,546
56	0,780	0,248	0,194
57	1,390	0,442	0,615

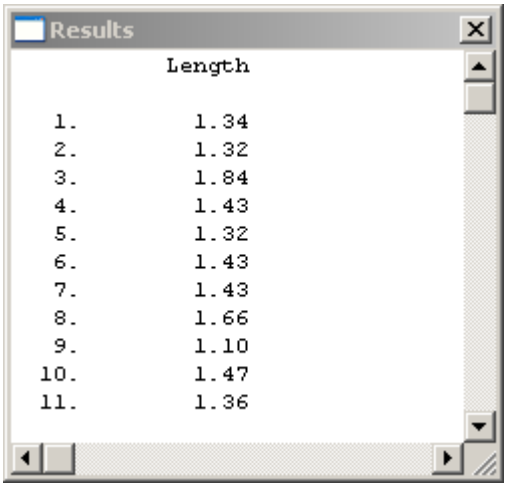
D.1.3 DIA 6 (27-ABRIL-2009)



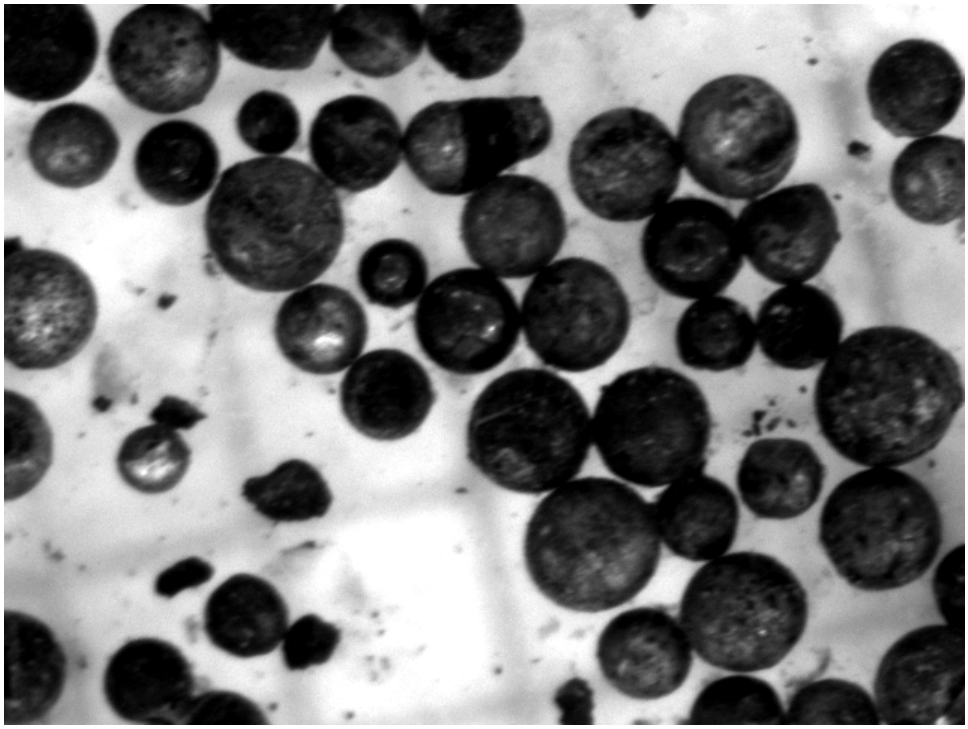


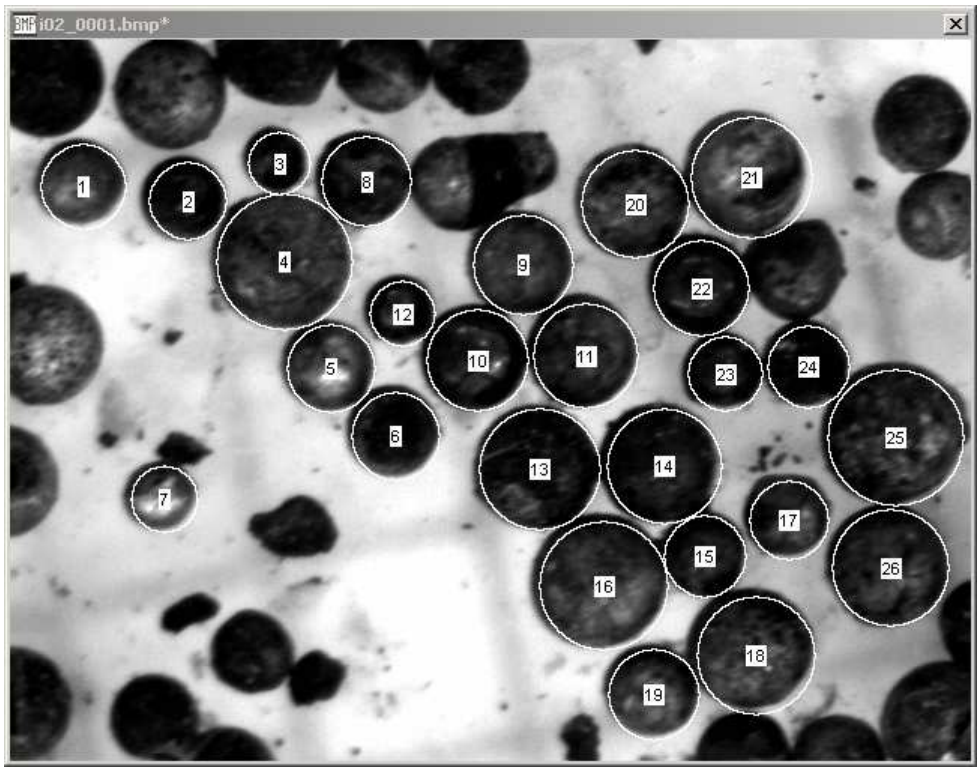


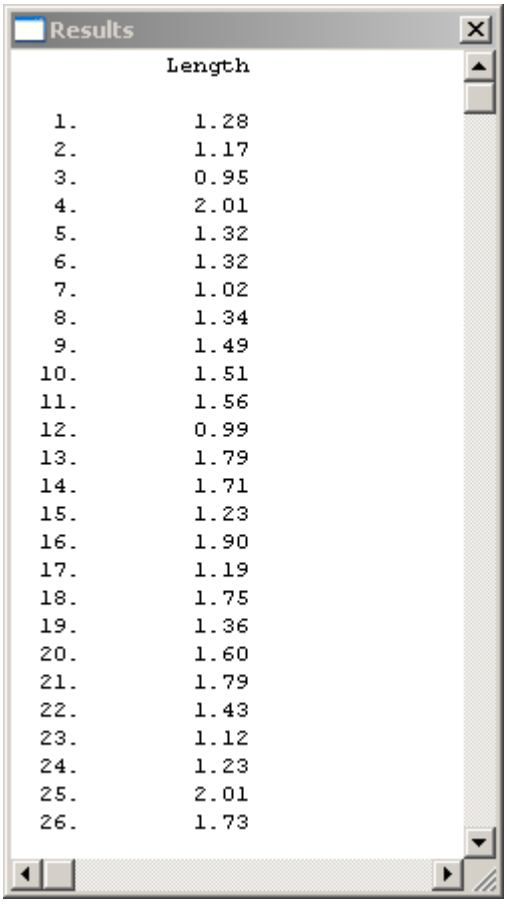

i01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11



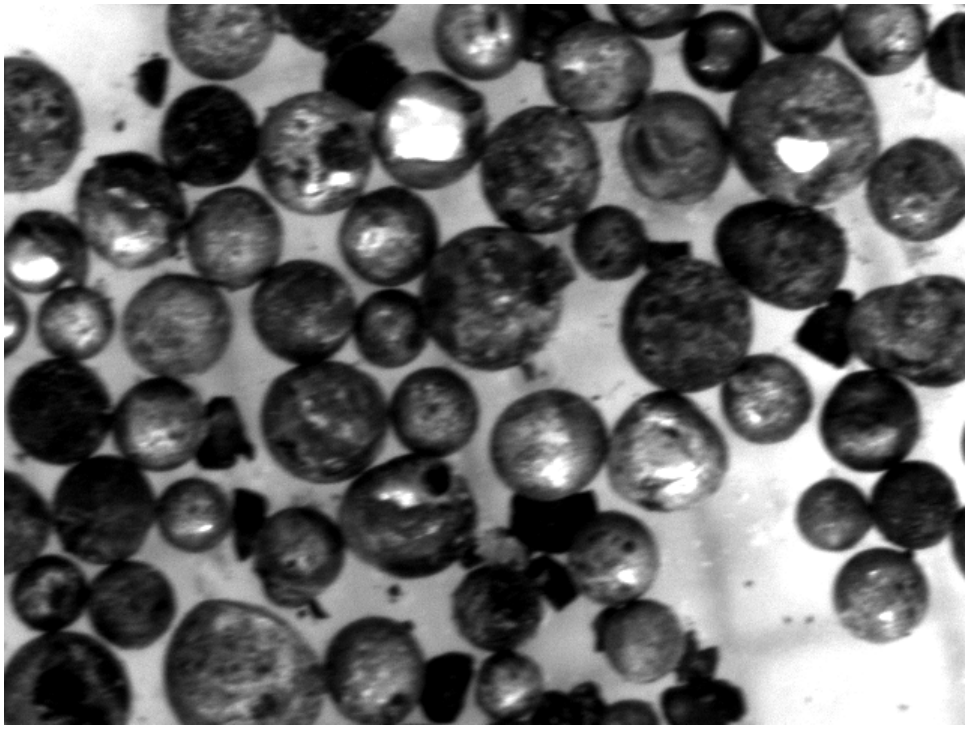
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,340	0,427	0,572
2	1,320	0,420	0,555
3	1,840	0,586	1,078
4	1,430	0,455	0,651
5	1,320	0,420	0,555
6	1,430	0,455	0,651
7	1,430	0,455	0,651
8	1,660	0,528	0,877
9	1,100	0,350	0,385
10	1,470	0,468	0,688
11	1,360	0,433	0,589



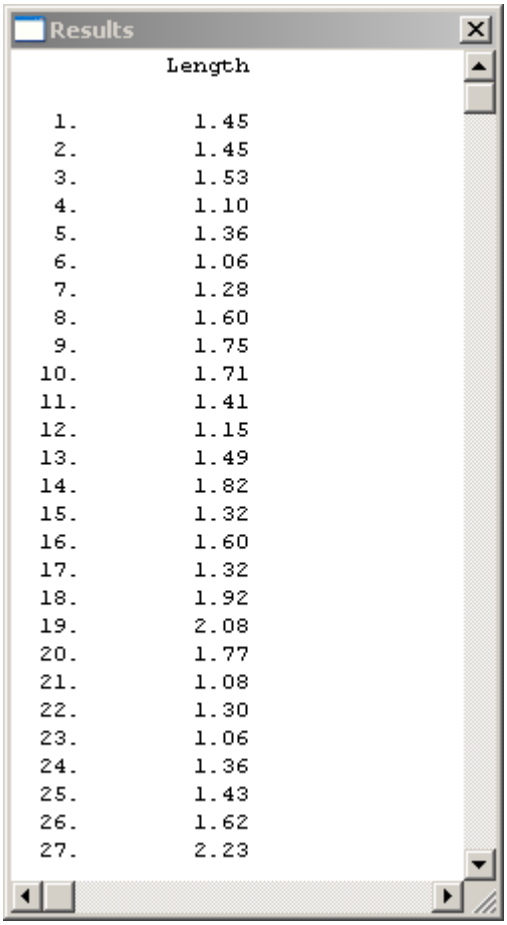

i02_0001.bmp*
1
2
3
8
4
9
12
5
10
11
6
13
14
7
20
21
22
23
24
25
17
15
26
16
18
19



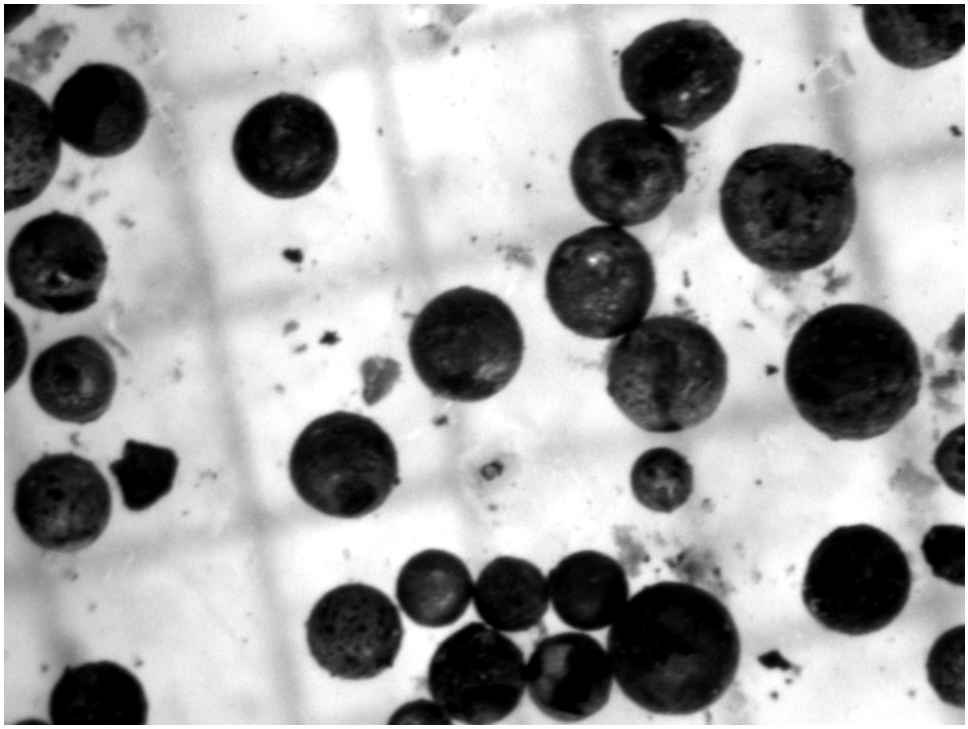
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,280	0,407	0,522
2	1,170	0,372	0,436
3	0,950	0,302	0,287
4	2,010	0,640	1,286
5	1,320	0,420	0,555
6	1,320	0,420	0,555
7	1,020	0,325	0,331
8	1,340	0,427	0,572
9	1,490	0,474	0,707
10	1,510	0,481	0,726
11	1,560	0,497	0,775
12	0,990	0,315	0,312
13	1,790	0,570	1,020
14	1,710	0,544	0,931
15	1,230	0,392	0,482
16	1,900	0,605	1,149
17	1,190	0,379	0,451
18	1,750	0,557	0,975
19	1,360	0,433	0,589
20	1,600	0,509	0,815
21	1,790	0,570	1,020
22	1,430	0,455	0,651
23	1,120	0,357	0,399
24	1,230	0,392	0,482
25	2,010	0,640	1,286
26	1,730	0,551	0,953

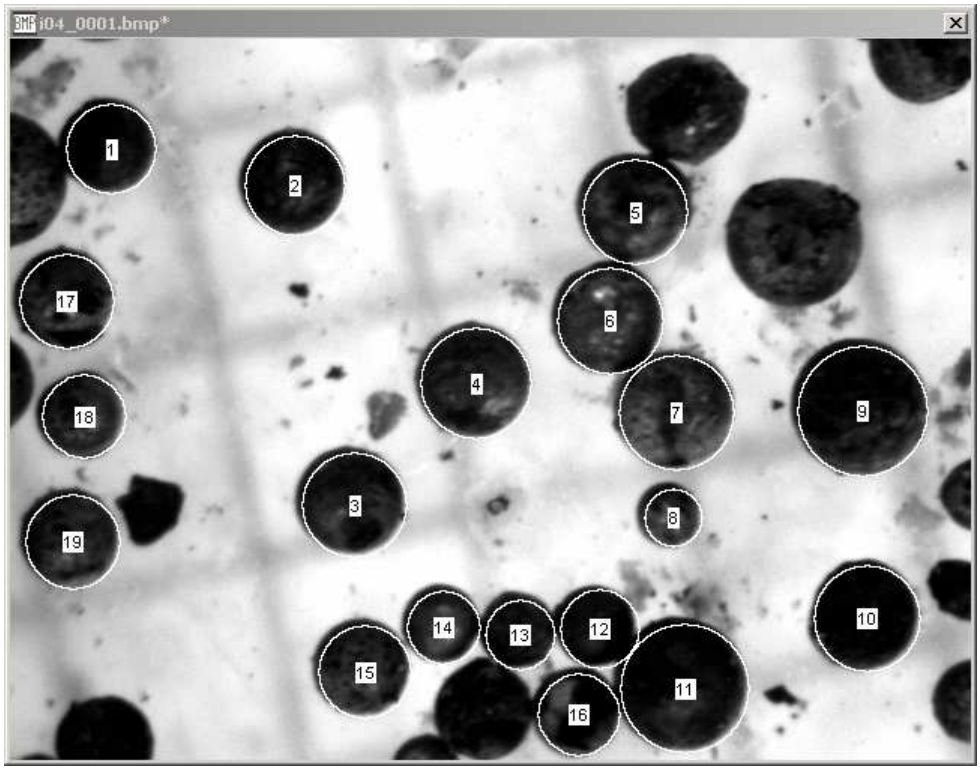


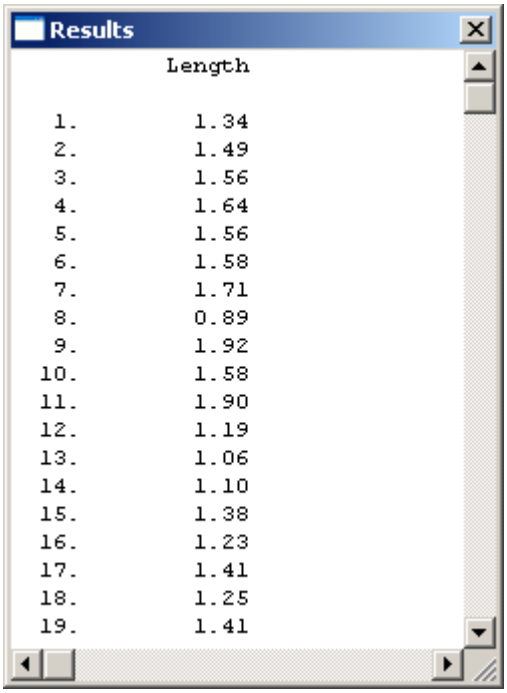

i03_0001.bmp*
1
9
10
20
26
27
2
11
21
19
18
4
3
13
12
22
25
5
14
15
16
8
6
23
17
7
24



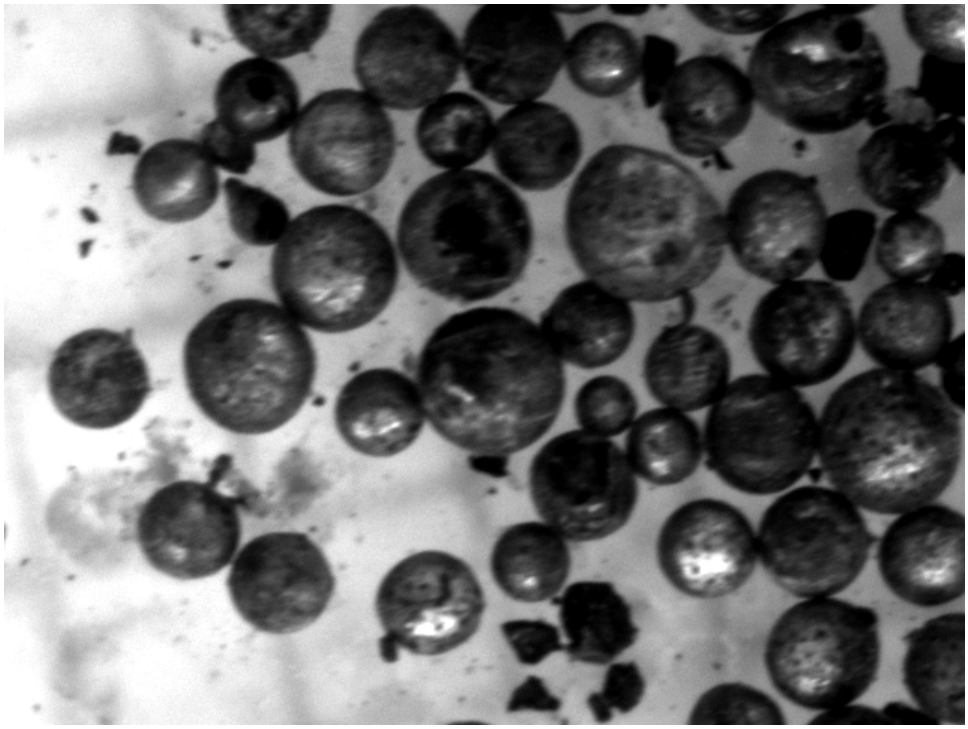
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,450	0,462	0,669
2	1,450	0,462	0,669
3	1,530	0,487	0,745
4	1,100	0,350	0,385
5	1,360	0,433	0,589
6	1,060	0,337	0,358
7	1,280	0,407	0,522
8	1,600	0,509	0,815
9	1,750	0,557	0,975
10	1,710	0,544	0,931
11	1,410	0,449	0,633
12	1,150	0,366	0,421
13	1,490	0,474	0,707
14	1,820	0,579	1,054
15	1,320	0,420	0,555
16	1,600	0,509	0,815
17	1,320	0,420	0,555
18	1,920	0,611	1,173
19	2,080	0,662	1,377
20	1,770	0,563	0,997
21	1,080	0,344	0,371
22	1,300	0,414	0,538
23	1,060	0,337	0,358
24	1,360	0,433	0,589
25	1,430	0,455	0,651
26	1,620	0,516	0,835
27	2,230	0,710	1,583

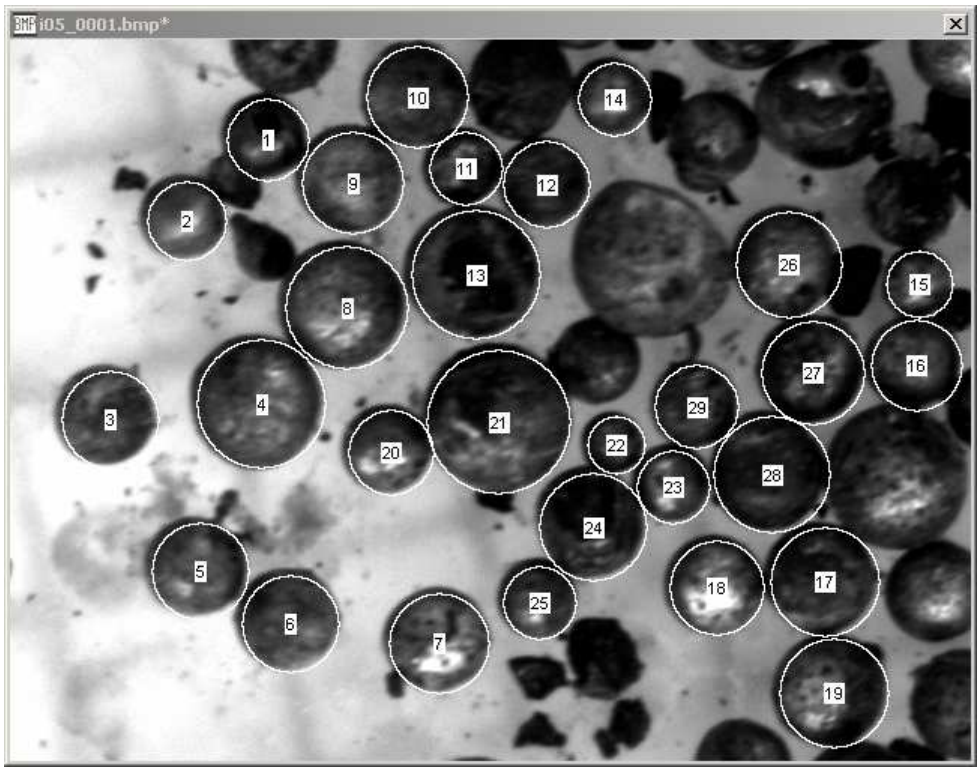


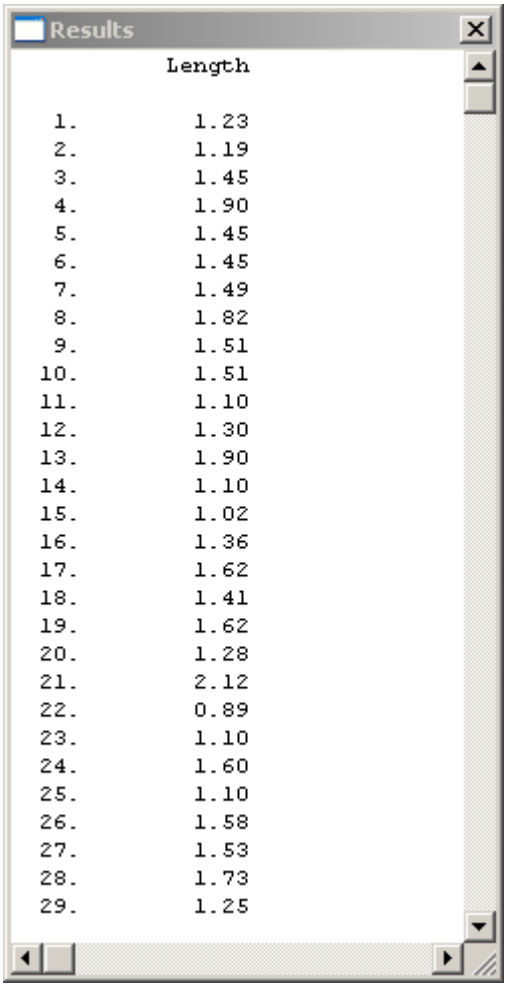

i04_0001.bmp*
1
2
5
17
6
4
7
9
18
3
8
19
10
14
13
12
15
11
16



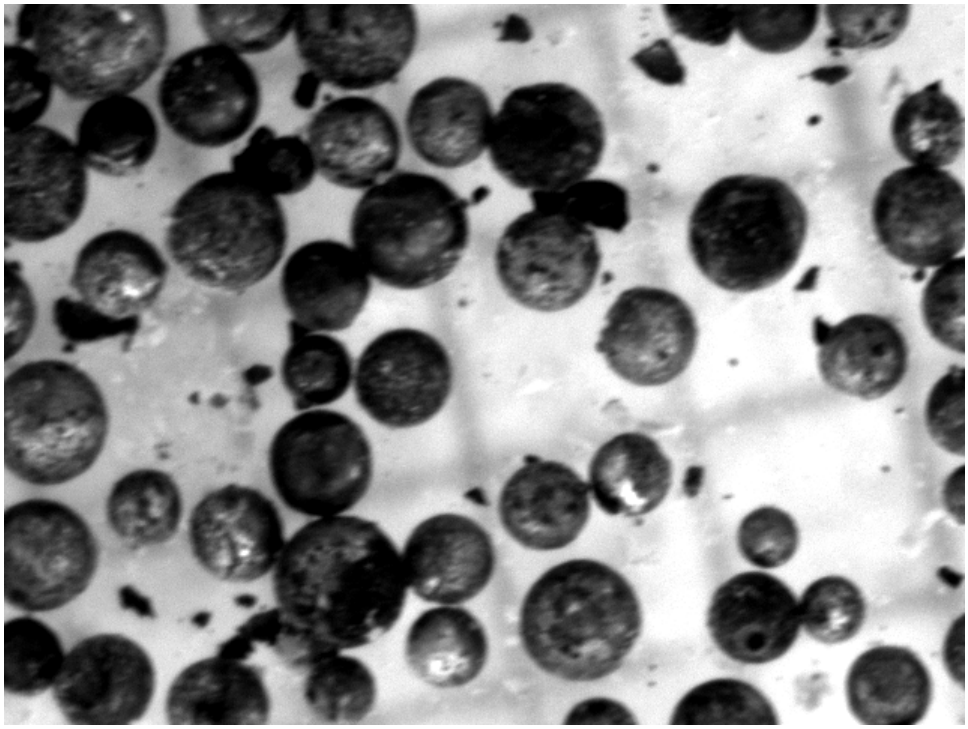
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,340	0,427	0,572
2	1,490	0,474	0,707
3	1,560	0,497	0,775
4	1,640	0,522	0,856
5	1,560	0,497	0,775
6	1,580	0,503	0,795
7	1,710	0,544	0,931
8	0,890	0,283	0,252
9	1,920	0,611	1,173
10	1,580	0,503	0,795
11	1,900	0,605	1,149
12	1,190	0,379	0,451
13	1,060	0,337	0,358
14	1,100	0,350	0,385
15	1,380	0,439	0,606
16	1,230	0,392	0,482
17	1,410	0,449	0,633
18	1,250	0,398	0,497
19	1,410	0,449	0,633

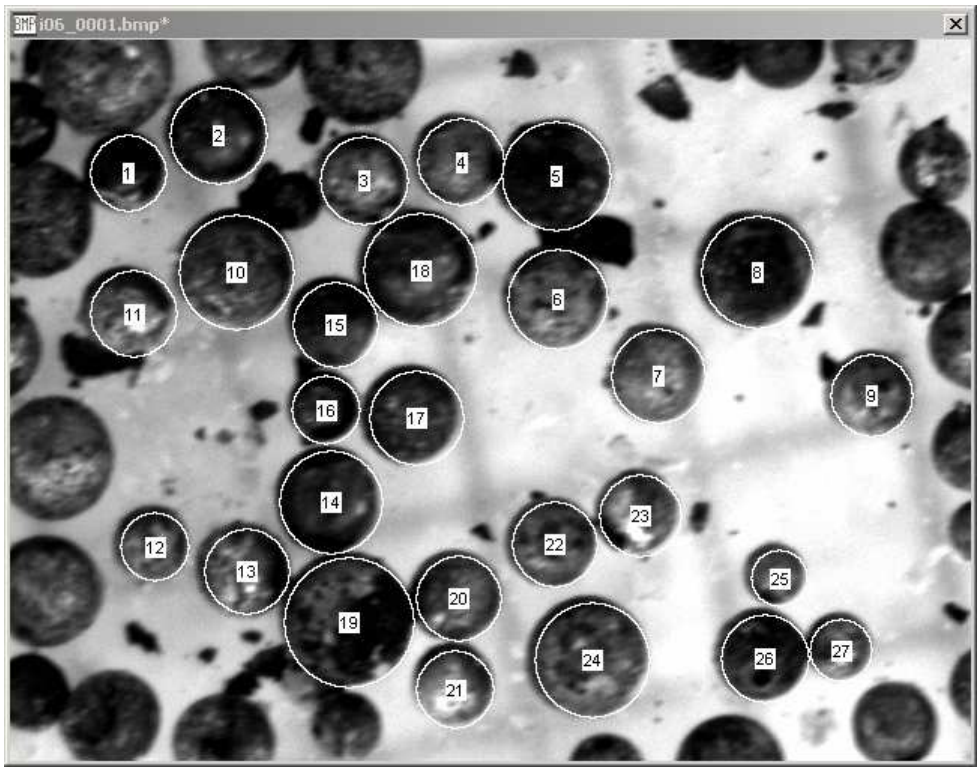


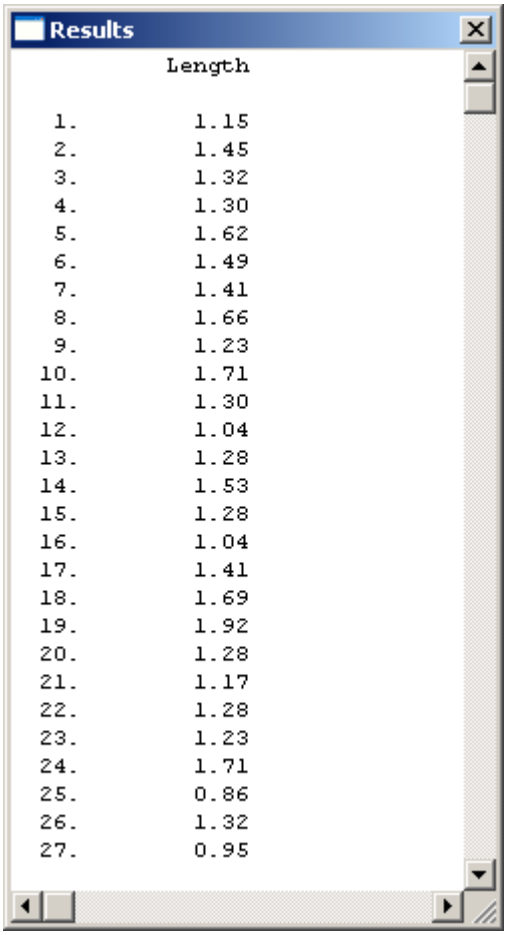

i05_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29



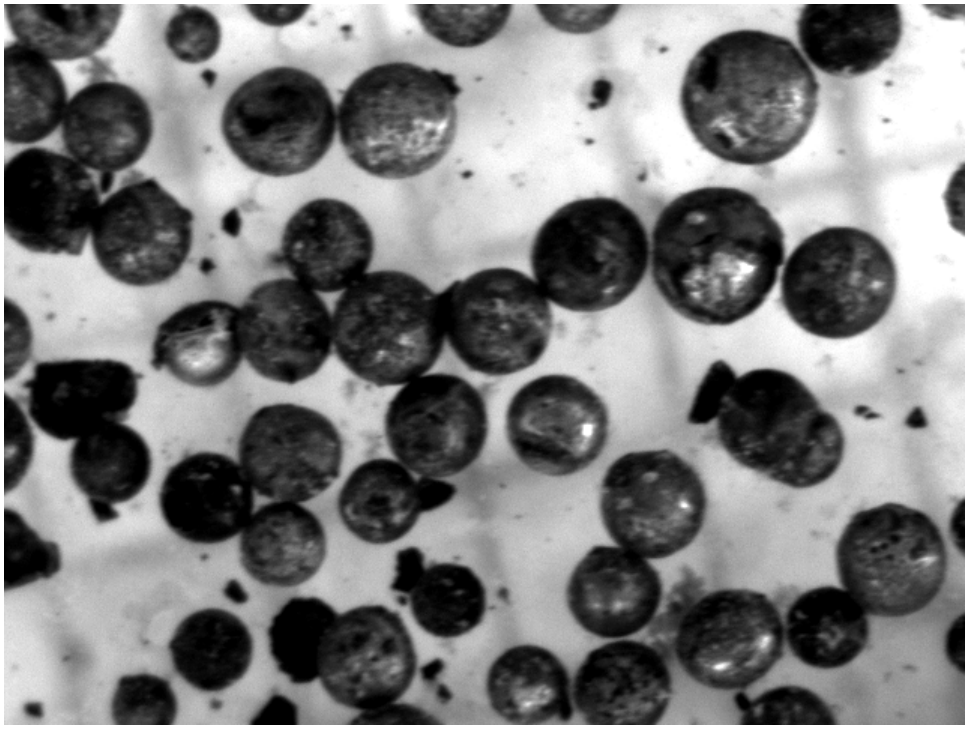
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,230	0,392	0,482
2	1,190	0,379	0,451
3	1,450	0,462	0,669
4	1,900	0,605	1,149
5	1,450	0,462	0,669
6	1,450	0,462	0,669
7	1,490	0,474	0,707
8	1,820	0,579	1,054
9	1,510	0,481	0,726
10	1,510	0,481	0,726
11	1,100	0,350	0,385
12	1,300	0,414	0,538
13	1,900	0,605	1,149
14	1,100	0,350	0,385
15	1,020	0,325	0,331
16	1,360	0,433	0,589
17	1,620	0,516	0,835
18	1,410	0,449	0,633
19	1,620	0,516	0,835
20	1,280	0,407	0,522
21	2,120	0,675	1,431
22	0,890	0,283	0,252
23	1,100	0,350	0,385
24	1,600	0,509	0,815
25	1,100	0,350	0,385
26	1,580	0,503	0,795
27	1,530	0,487	0,745
28	1,730	0,551	0,953
29	1,250	0,398	0,497

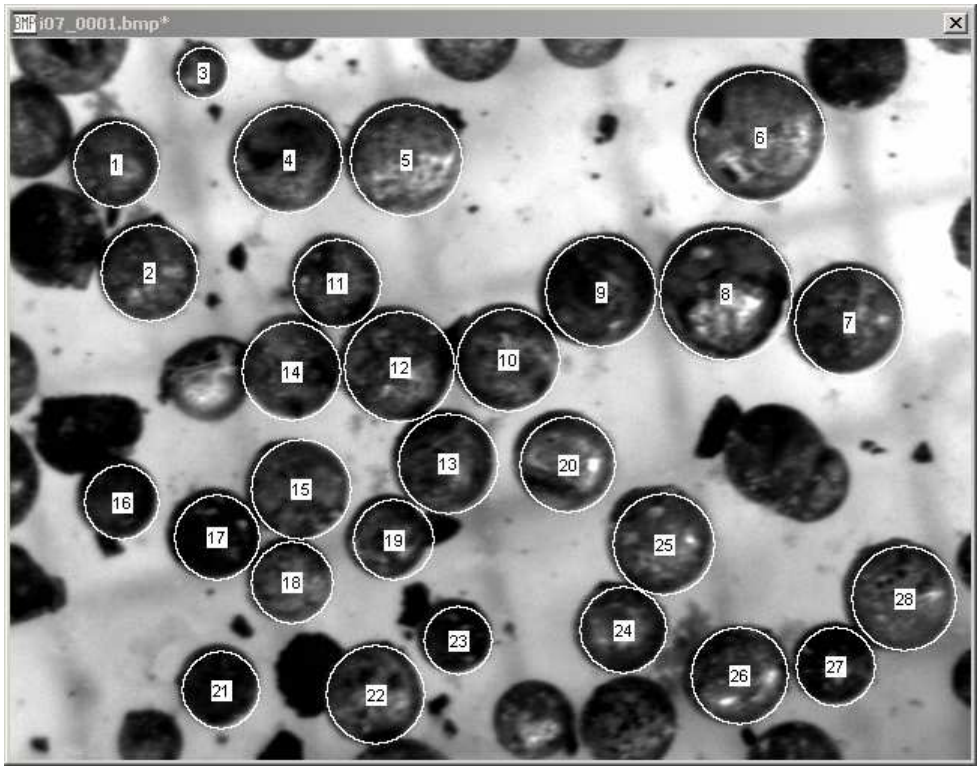


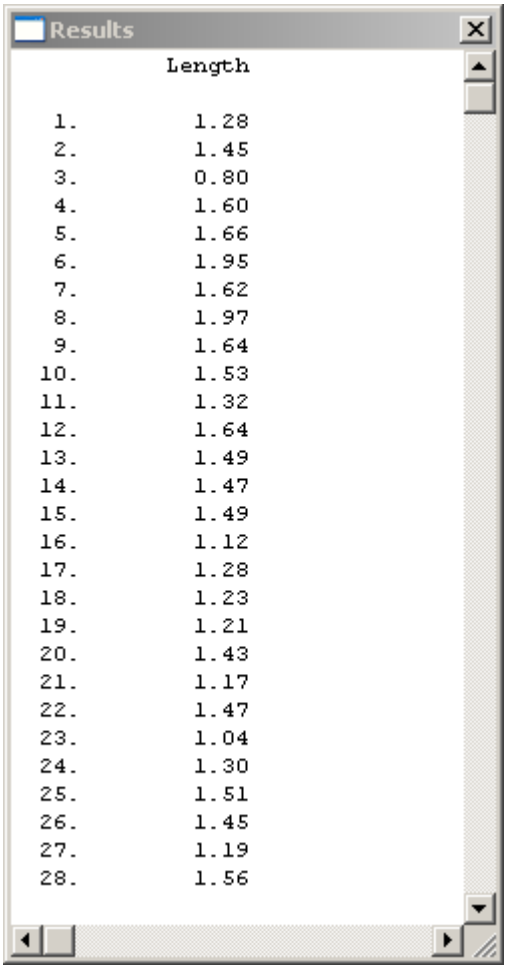

i06_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27



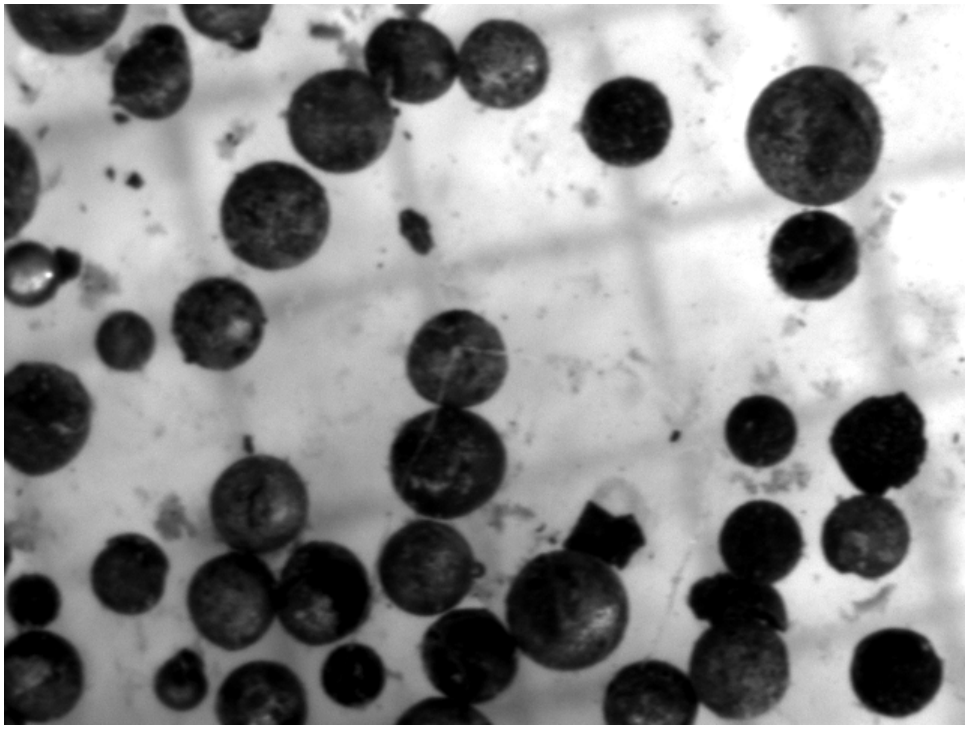
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,150	0,366	0,421
2	1,450	0,462	0,669
3	1,320	0,420	0,555
4	1,300	0,414	0,538
5	1,620	0,516	0,835
6	1,490	0,474	0,707
7	1,410	0,449	0,633
8	1,660	0,528	0,877
9	1,230	0,392	0,482
10	1,710	0,544	0,931
11	1,300	0,414	0,538
12	1,040	0,331	0,344
13	1,280	0,407	0,522
14	1,530	0,487	0,745
15	1,280	0,407	0,522
16	1,040	0,331	0,344
17	1,410	0,449	0,633
18	1,690	0,538	0,909
19	1,920	0,611	1,173
20	1,280	0,407	0,522
21	1,170	0,372	0,436
22	1,280	0,407	0,522
23	1,230	0,392	0,482
24	1,710	0,544	0,931
25	0,860	0,274	0,235
26	1,320	0,420	0,555
27	0,950	0,302	0,287

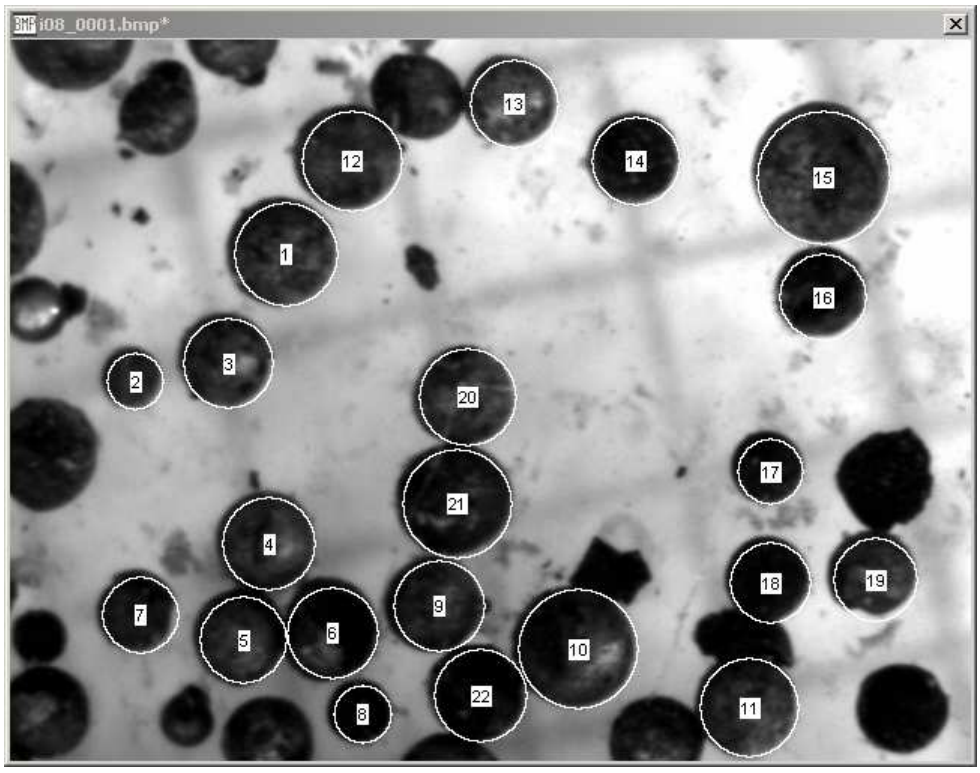


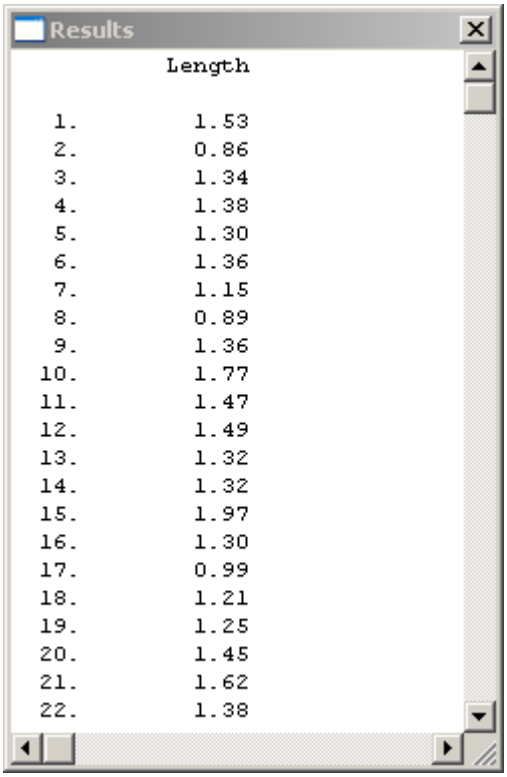

i07_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28



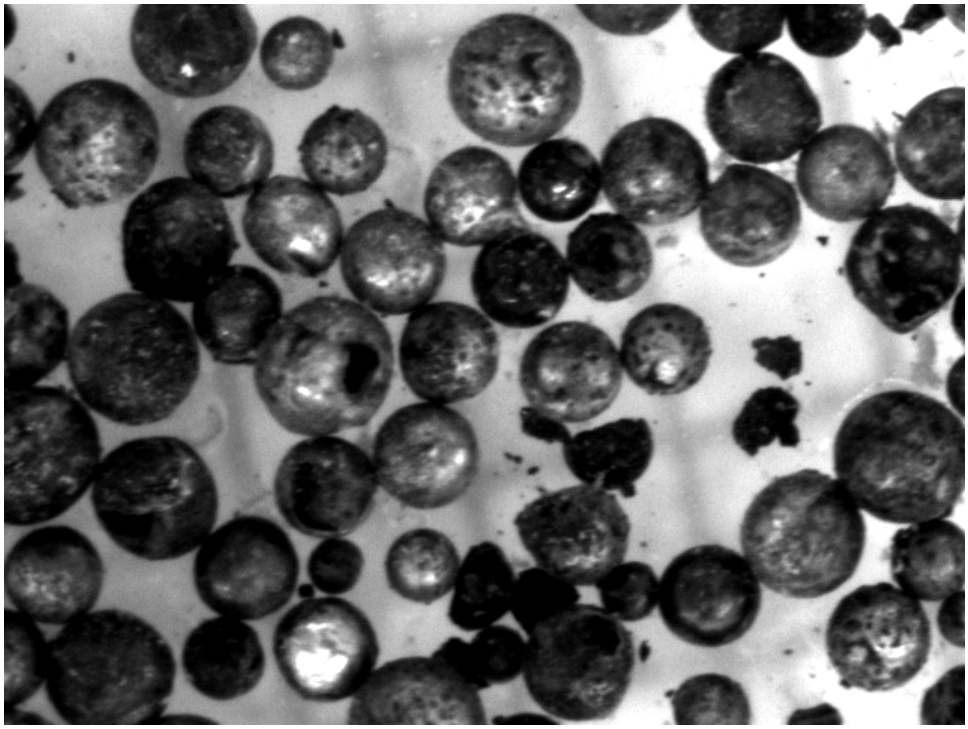
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,280	0,407	0,522
2	1,450	0,462	0,669
3	0,800	0,255	0,204
4	1,600	0,509	0,815
5	1,660	0,528	0,877
6	1,950	0,621	1,210
7	1,620	0,516	0,835
8	1,970	0,627	1,235
9	1,640	0,522	0,856
10	1,530	0,487	0,745
11	1,320	0,420	0,555
12	1,640	0,522	0,856
13	1,490	0,474	0,707
14	1,470	0,468	0,688
15	1,490	0,474	0,707
16	1,120	0,357	0,399
17	1,280	0,407	0,522
18	1,230	0,392	0,482
19	1,210	0,385	0,466
20	1,430	0,455	0,651
21	1,170	0,372	0,436
22	1,470	0,468	0,688
23	1,040	0,331	0,344
24	1,300	0,414	0,538
25	1,510	0,481	0,726
26	1,450	0,462	0,669
27	1,190	0,379	0,451
28	1,560	0,497	0,775

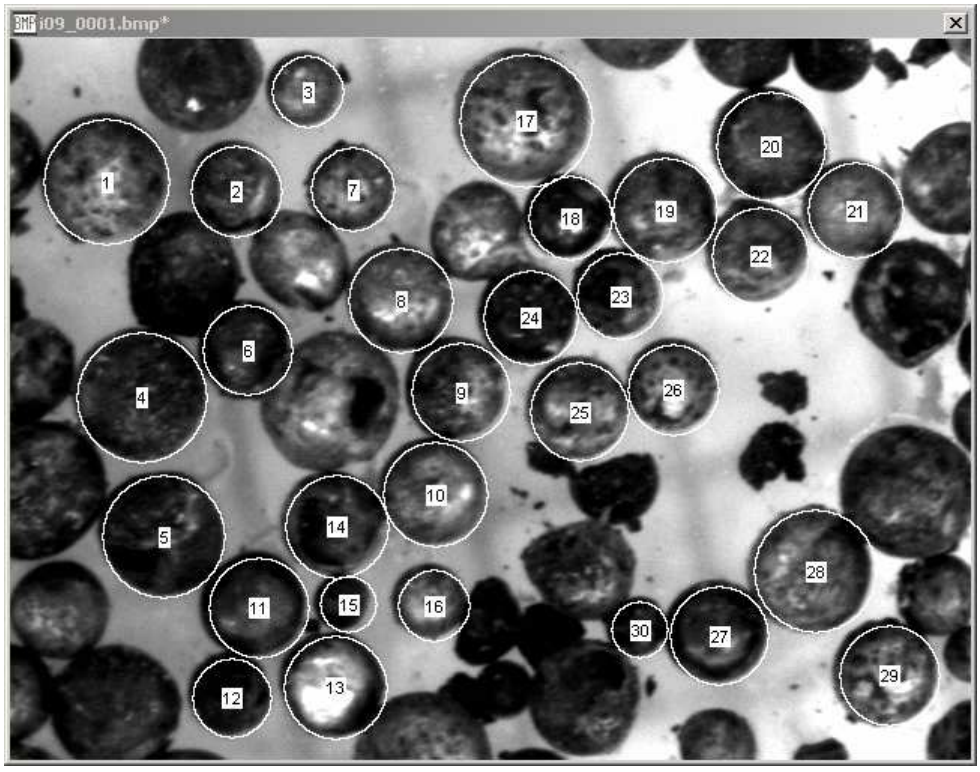


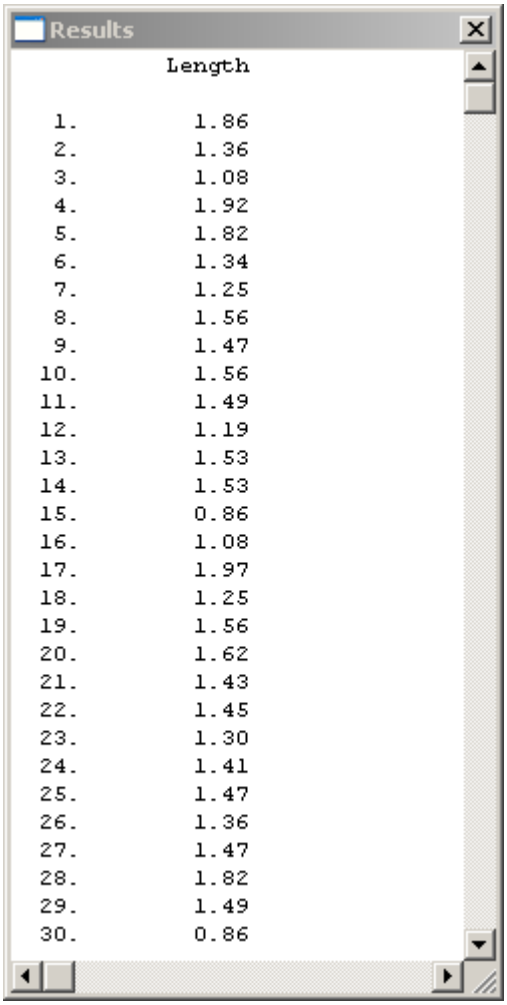

i08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22



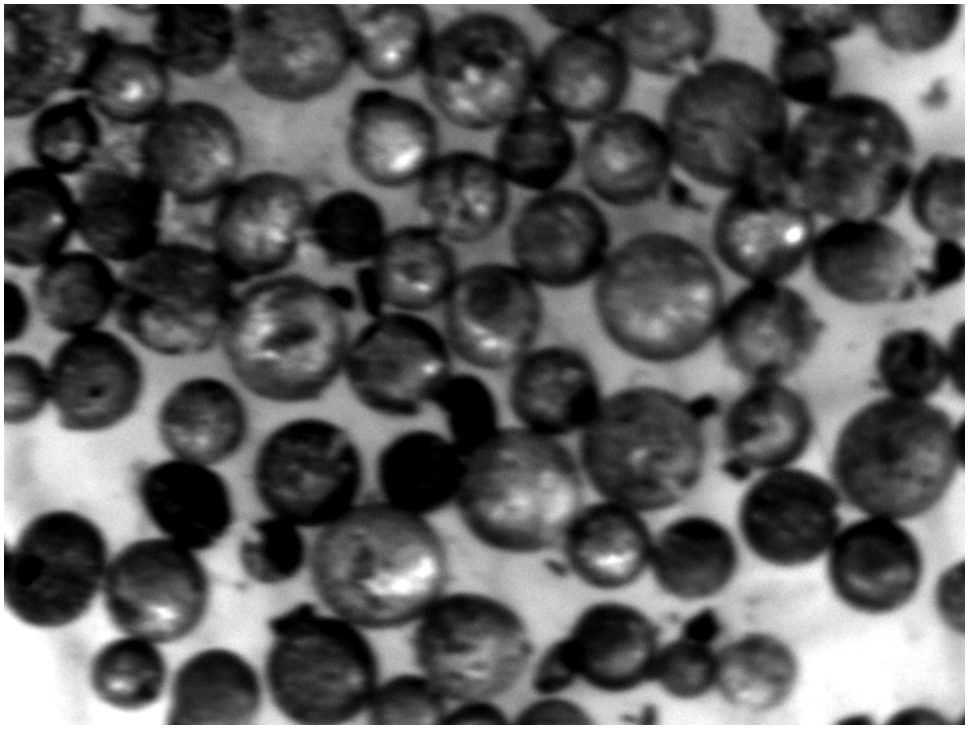
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,530	0,487	0,745
2	0,860	0,274	0,235
3	1,340	0,427	0,572
4	1,380	0,439	0,606
5	1,300	0,414	0,538
6	1,360	0,433	0,589
7	1,150	0,366	0,421
8	0,890	0,283	0,252
9	1,360	0,433	0,589
10	1,770	0,563	0,997
11	1,470	0,468	0,688
12	1,490	0,474	0,707
13	1,320	0,420	0,555
14	1,320	0,420	0,555
15	1,970	0,627	1,235
16	1,300	0,414	0,538
17	0,990	0,315	0,312
18	1,210	0,385	0,466
19	1,250	0,398	0,497
20	1,450	0,462	0,669
21	1,620	0,516	0,835
22	1,380	0,439	0,606



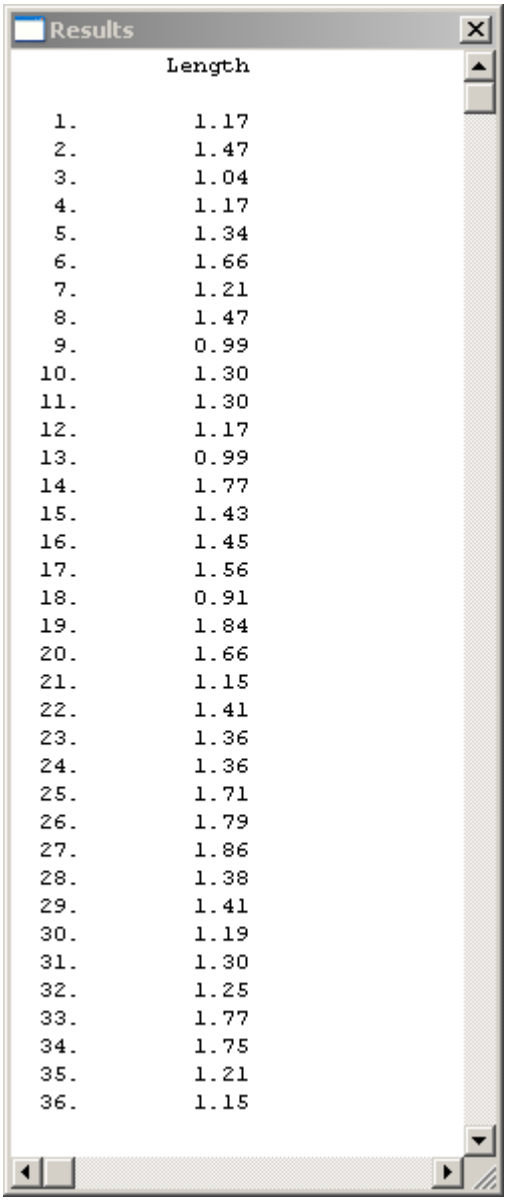

i09_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,860	0,592	1,101
2	1,360	0,433	0,589
3	1,080	0,344	0,371
4	1,920	0,611	1,173
5	1,820	0,579	1,054
6	1,340	0,427	0,572
7	1,250	0,398	0,497
8	1,560	0,497	0,775
9	1,470	0,468	0,688
10	1,560	0,497	0,775
11	1,490	0,474	0,707
12	1,190	0,379	0,451
13	1,530	0,487	0,745
14	1,530	0,487	0,745
15	0,860	0,274	0,235
16	1,080	0,344	0,371
17	1,970	0,627	1,235
18	1,250	0,398	0,497
19	1,560	0,497	0,775
20	1,620	0,516	0,835
21	1,430	0,455	0,651
22	1,450	0,462	0,669
23	1,300	0,414	0,538
24	1,410	0,449	0,633
25	1,470	0,468	0,688
26	1,360	0,433	0,589
27	1,470	0,468	0,688
28	1,820	0,579	1,054
29	1,490	0,474	0,707
30	0,860	0,274	0,235

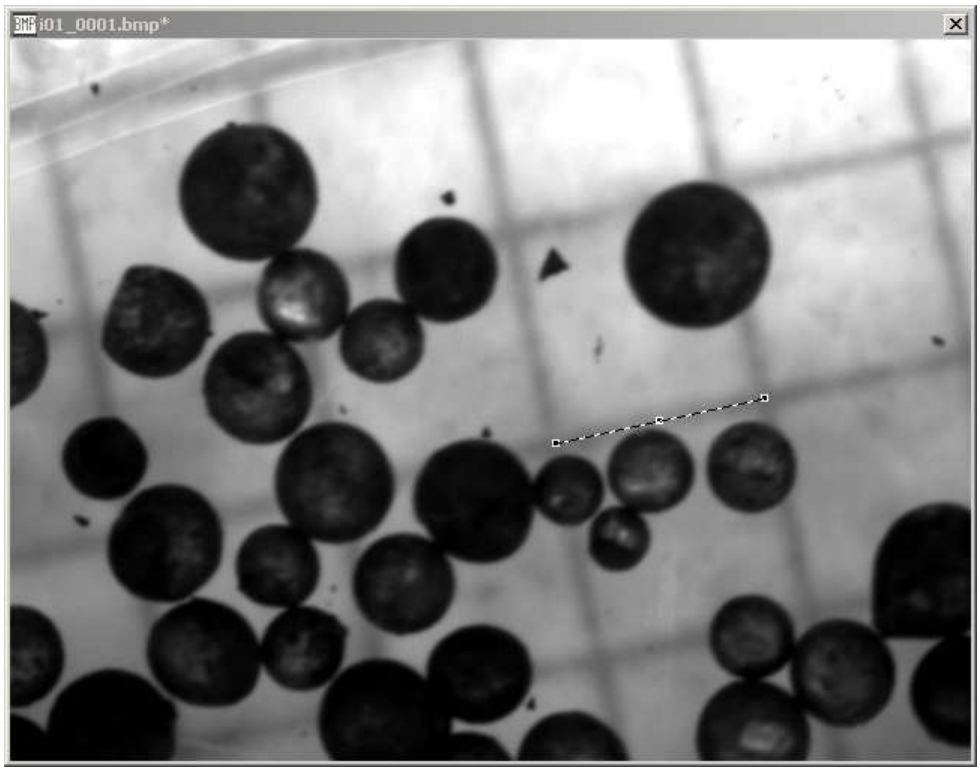


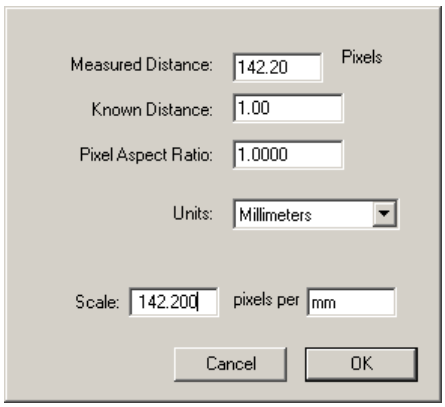

i10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36

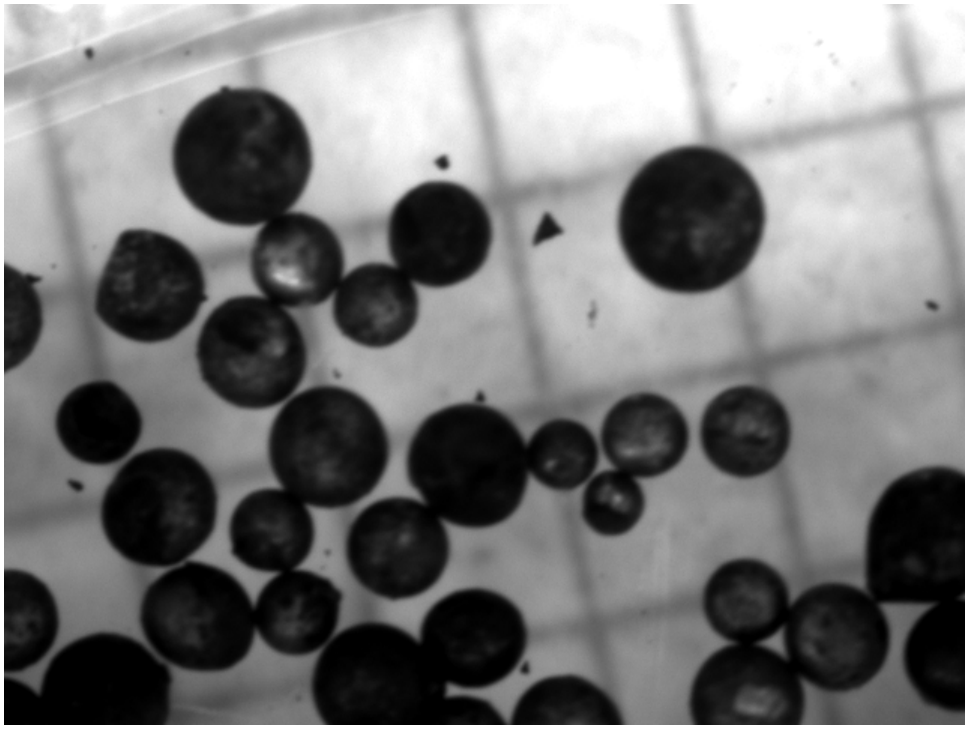


	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,170	0,372	0,436
2	1,470	0,468	0,688
3	1,040	0,331	0,344
4	1,170	0,372	0,436
5	1,340	0,427	0,572
6	1,660	0,528	0,877
7	1,210	0,385	0,466
8	1,470	0,468	0,688
9	0,990	0,315	0,312
10	1,300	0,414	0,538
11	1,300	0,414	0,538
12	1,170	0,372	0,436
13	0,990	0,315	0,312
14	1,770	0,563	0,997
15	1,430	0,455	0,651
16	1,450	0,462	0,669
17	1,560	0,497	0,775
18	0,910	0,290	0,264
19	1,840	0,586	1,078
20	1,660	0,528	0,877
21	1,150	0,366	0,421
22	1,410	0,449	0,633
23	1,360	0,433	0,589
24	1,360	0,433	0,589
25	1,710	0,544	0,931
26	1,790	0,570	1,020
27	1,860	0,592	1,101
28	1,380	0,439	0,606
29	1,410	0,449	0,633
30	1,190	0,379	0,451
31	1,300	0,414	0,538
32	1,250	0,398	0,497
33	1,770	0,563	0,997
34	1,750	0,557	0,975
35	1,210	0,385	0,466
36	1,150	0,366	0,421

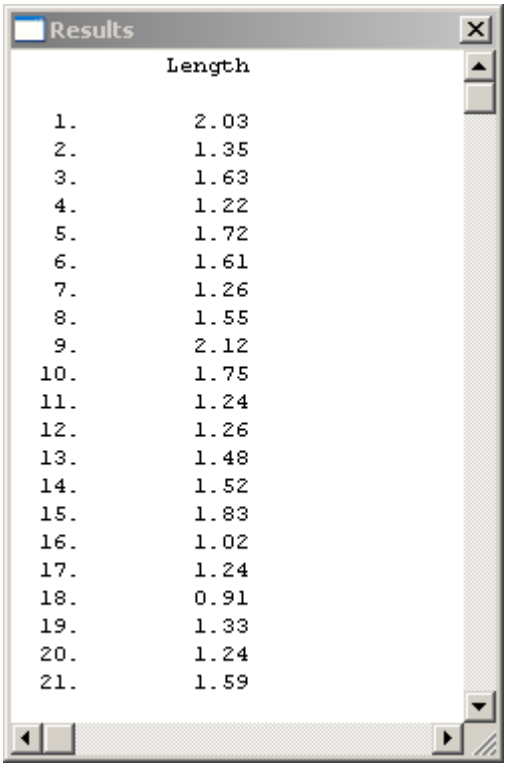
D.1.4 DIA 8 (29-ABRIL-2009)



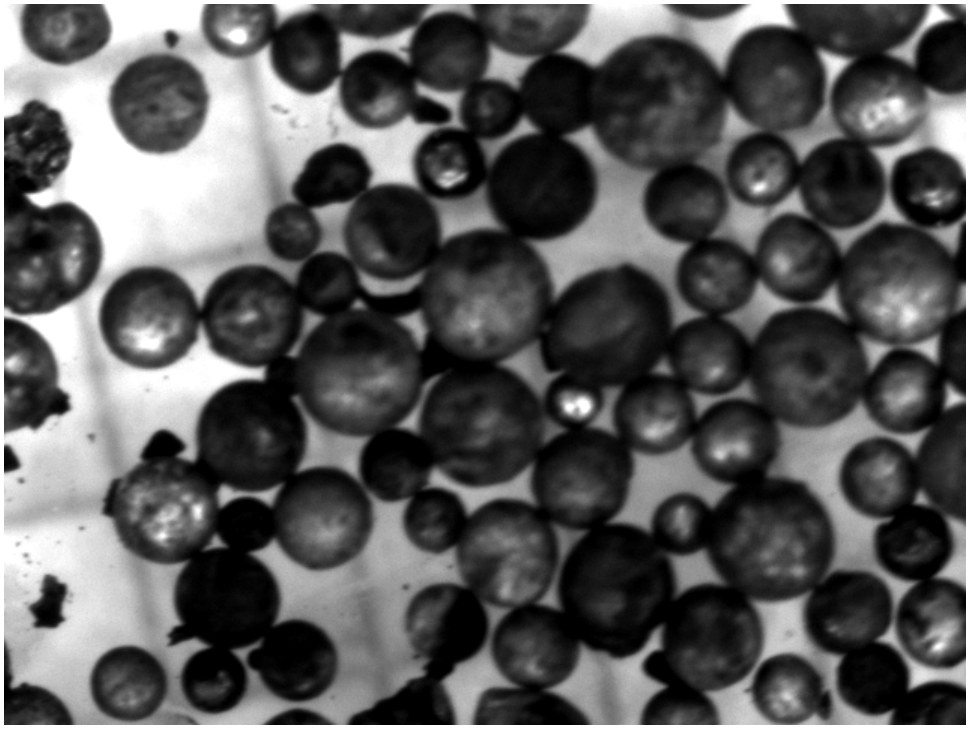




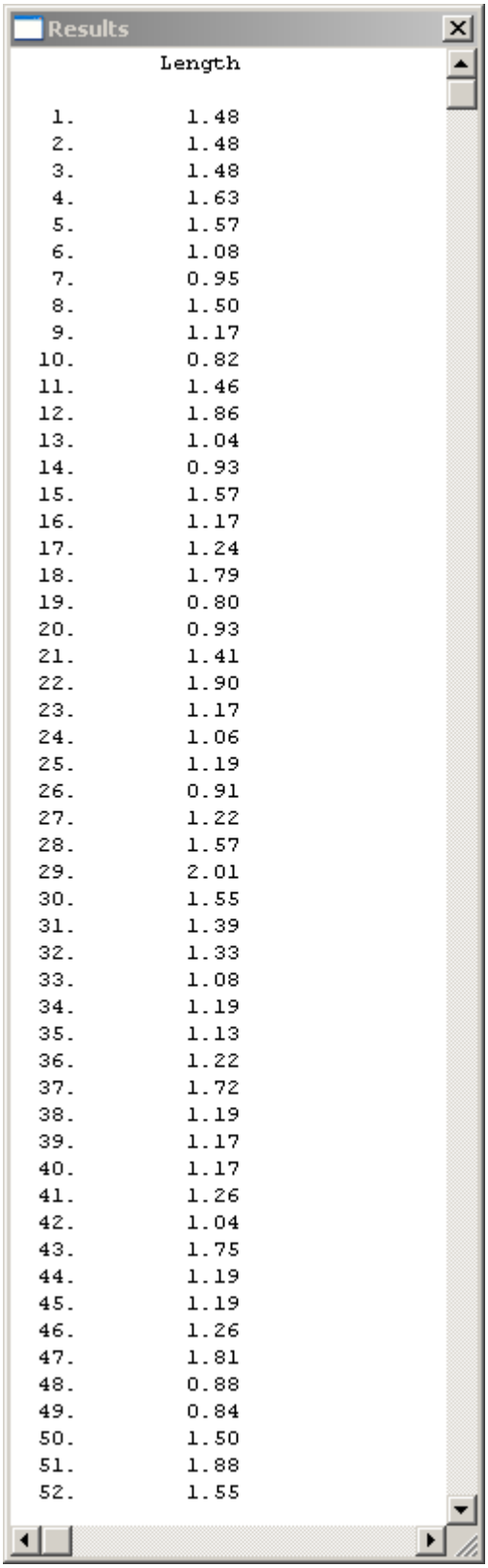

i01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21



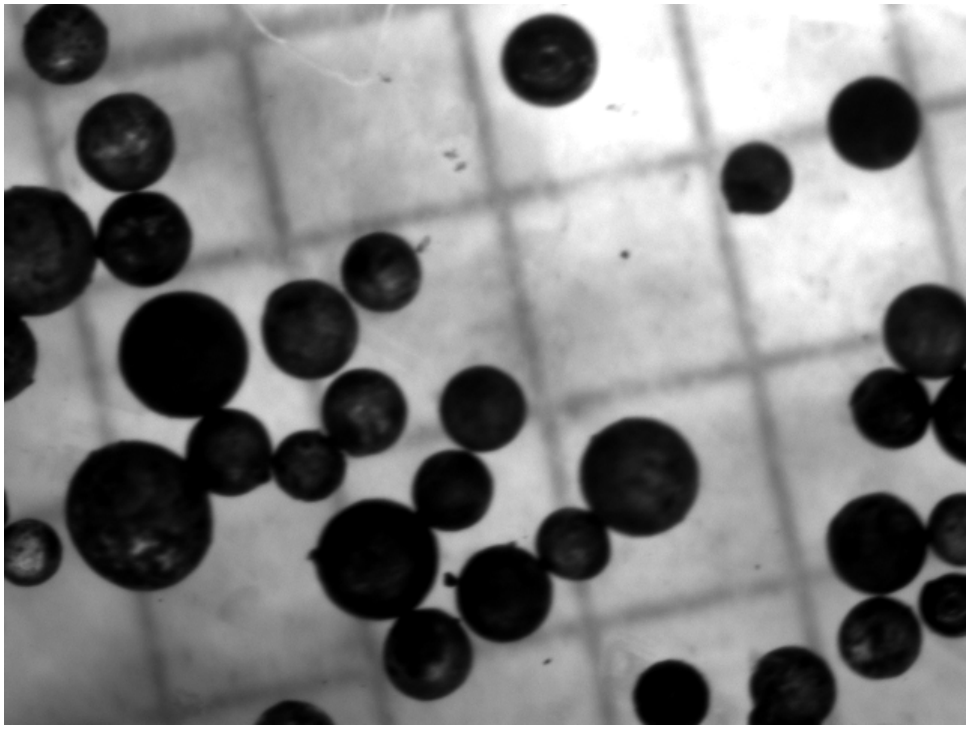
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,030	0,646	1,312
2	1,350	0,430	0,580
3	1,630	0,519	0,846
4	1,220	0,388	0,474
5	1,720	0,547	0,942
6	1,610	0,512	0,825
7	1,260	0,401	0,505
8	1,550	0,493	0,765
9	2,120	0,675	1,431
10	1,750	0,557	0,975
11	1,240	0,395	0,489
12	1,260	0,401	0,505
13	1,480	0,471	0,697
14	1,520	0,484	0,735
15	1,830	0,583	1,066
16	1,020	0,325	0,331
17	1,240	0,395	0,489
18	0,910	0,290	0,264
19	1,330	0,423	0,563
20	1,240	0,395	0,489
21	1,590	0,506	0,805

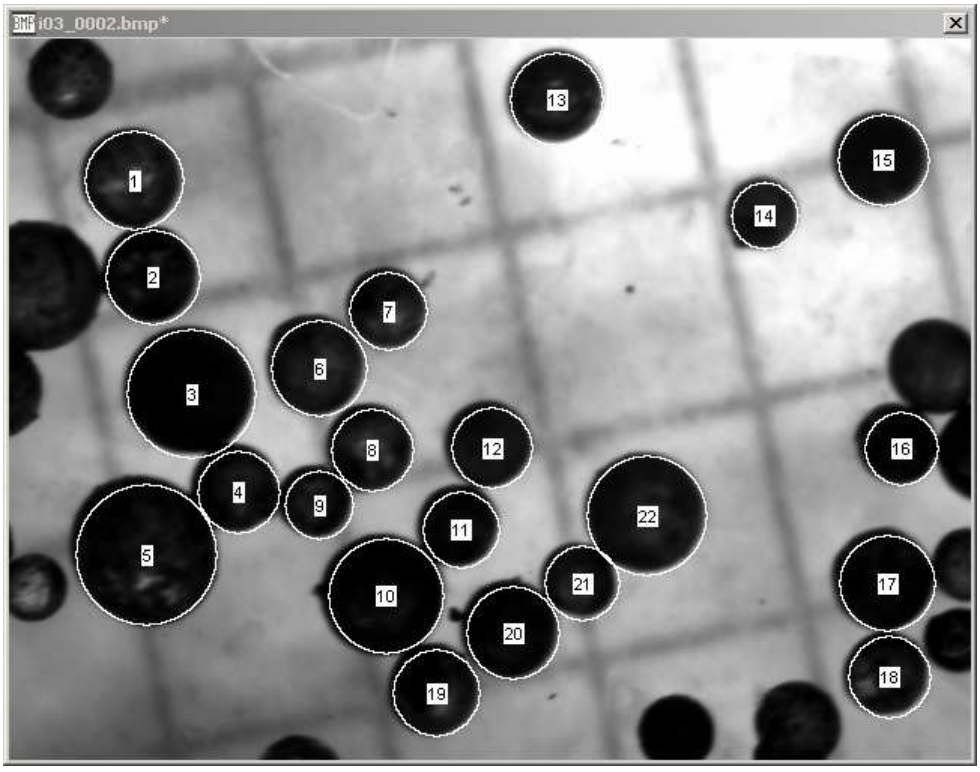


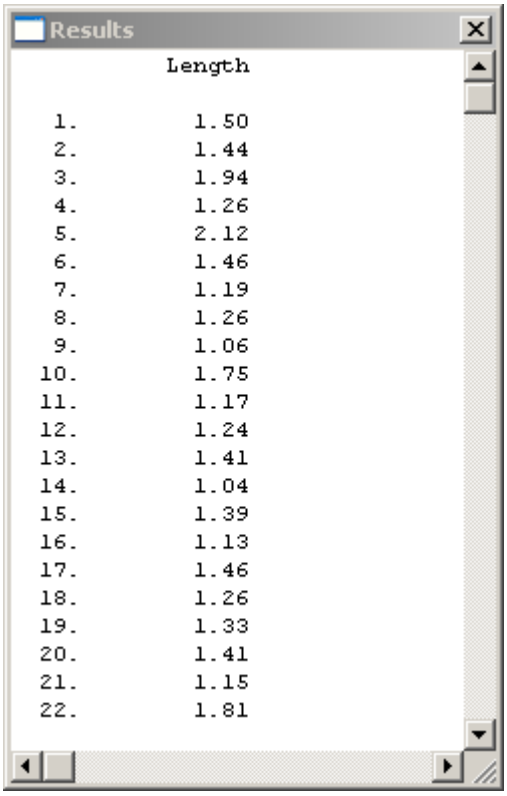

i02_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52



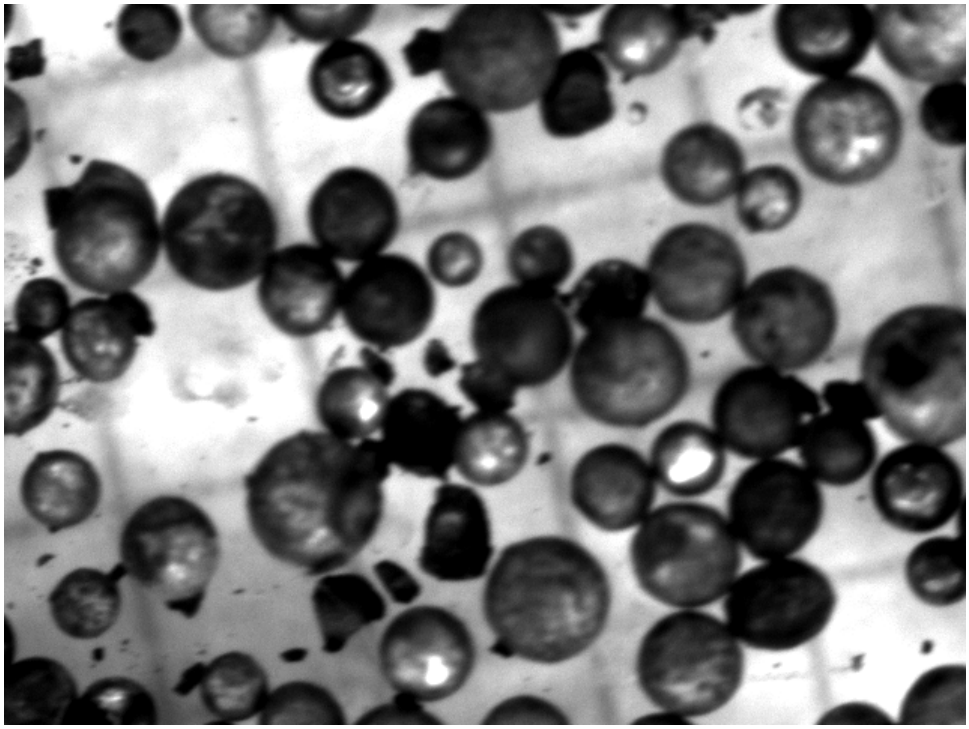
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,480	0,471	0,697
2	1,480	0,471	0,697
3	1,480	0,471	0,697
4	1,630	0,519	0,846
5	1,570	0,500	0,785
6	1,080	0,344	0,371
7	0,950	0,302	0,287
8	1,500	0,477	0,716
9	1,170	0,372	0,436
10	0,820	0,261	0,214
11	1,460	0,465	0,679
12	1,860	0,592	1,101
13	1,040	0,331	0,344
14	0,930	0,296	0,275
15	1,570	0,500	0,785
16	1,170	0,372	0,436
17	1,240	0,395	0,489
18	1,790	0,570	1,020
19	0,800	0,255	0,204
20	0,930	0,296	0,275
21	1,410	0,449	0,633
22	1,900	0,605	1,149
23	1,170	0,372	0,436
24	1,060	0,337	0,358
25	1,190	0,379	0,451
26	0,910	0,290	0,264
27	1,220	0,388	0,474
28	1,570	0,500	0,785
29	2,010	0,640	1,286
30	1,550	0,493	0,765
31	1,390	0,442	0,615
32	1,330	0,423	0,563
33	1,080	0,344	0,371
34	1,190	0,379	0,451
35	1,130	0,360	0,406
36	1,220	0,388	0,474
37	1,720	0,547	0,942
38	1,190	0,379	0,451
39	1,170	0,372	0,436
40	1,170	0,372	0,436
41	1,260	0,401	0,505
42	1,040	0,331	0,344
43	1,750	0,557	0,975
44	1,190	0,379	0,451
45	1,190	0,379	0,451
46	1,260	0,401	0,505
47	1,810	0,576	1,043
48	0,880	0,280	0,246
49	0,840	0,267	0,225
50	1,500	0,477	0,716
51	1,880	0,598	1,125
52	1,550	0,493	0,765

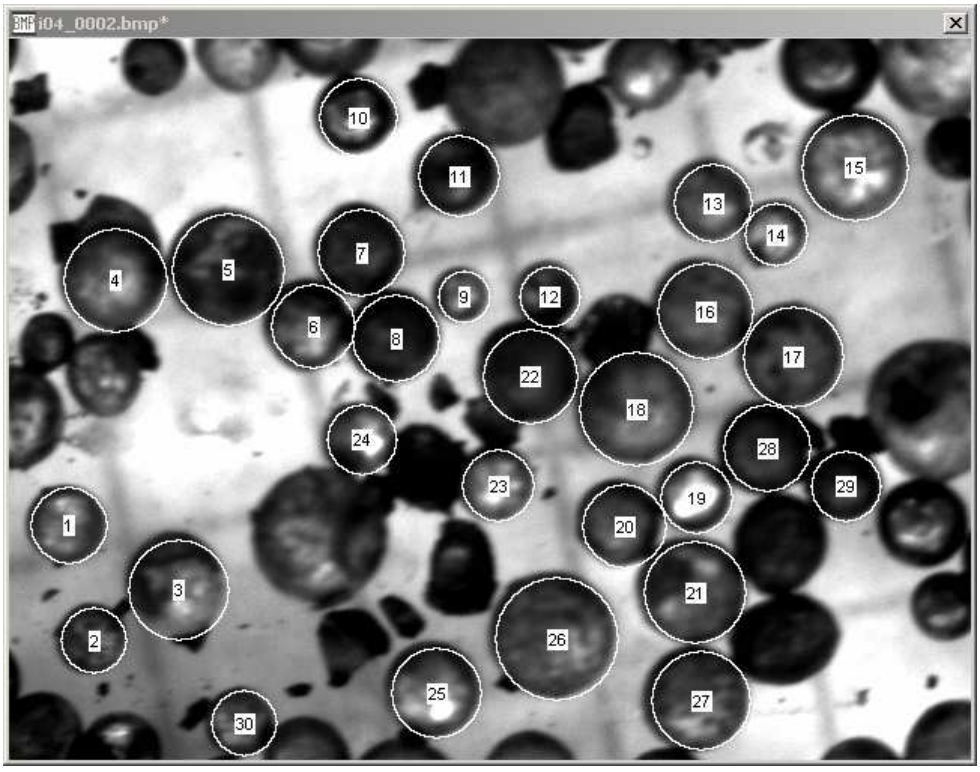


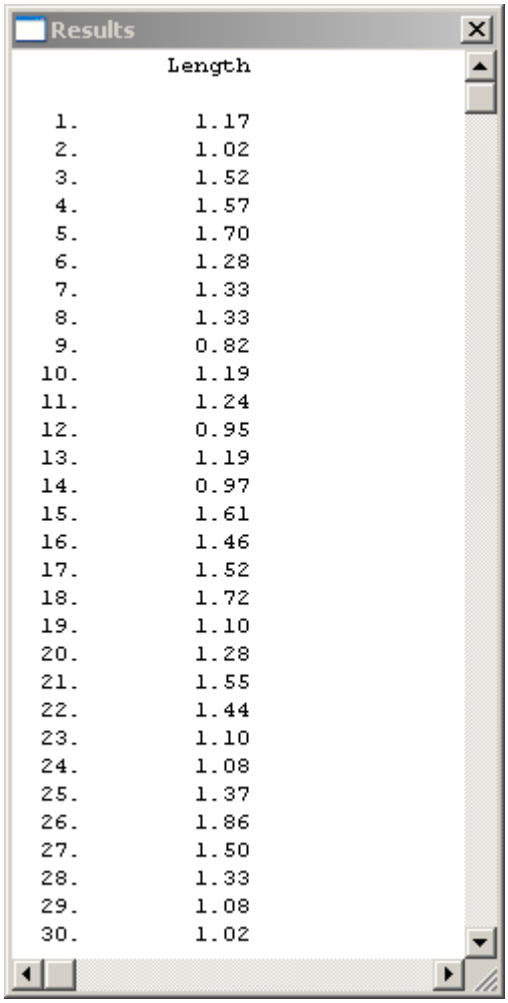

i03_0002.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22



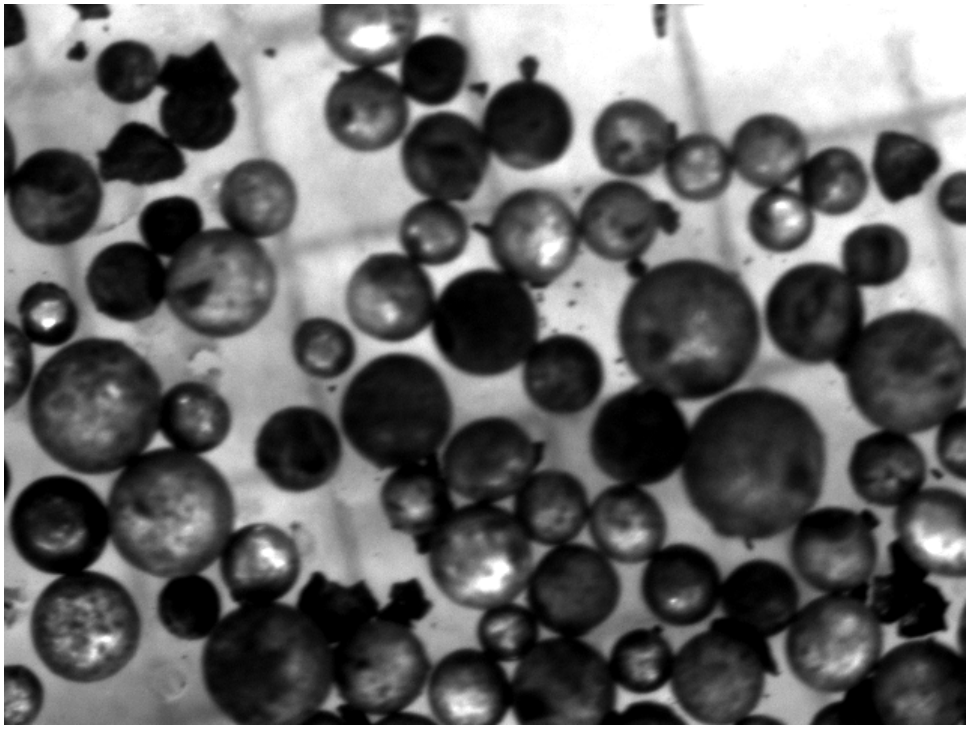
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,500	0,477	0,716
2	1,440	0,458	0,660
3	1,940	0,618	1,198
4	1,260	0,401	0,505
5	2,120	0,675	1,431
6	1,460	0,465	0,679
7	1,190	0,379	0,451
8	1,260	0,401	0,505
9	1,060	0,337	0,358
10	1,750	0,557	0,975
11	1,170	0,372	0,436
12	1,240	0,395	0,489
13	1,410	0,449	0,633
14	1,040	0,331	0,344
15	1,390	0,442	0,615
16	1,130	0,360	0,406
17	1,460	0,465	0,679
18	1,260	0,401	0,505
19	1,330	0,423	0,563
20	1,410	0,449	0,633
21	1,150	0,366	0,421
22	1,810	0,576	1,043

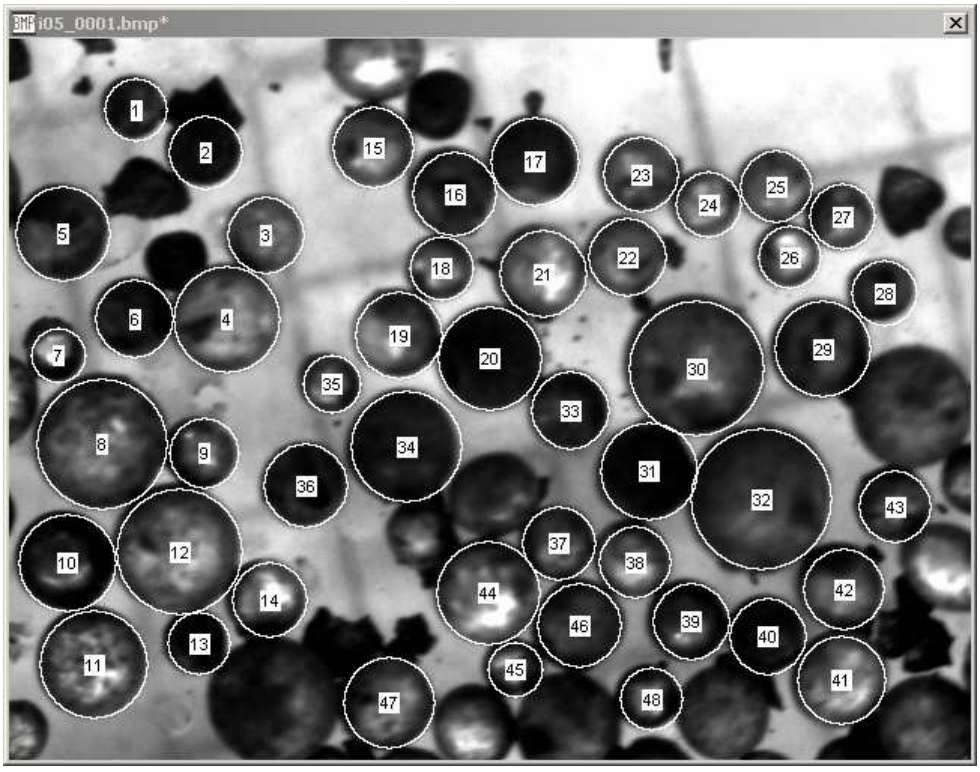


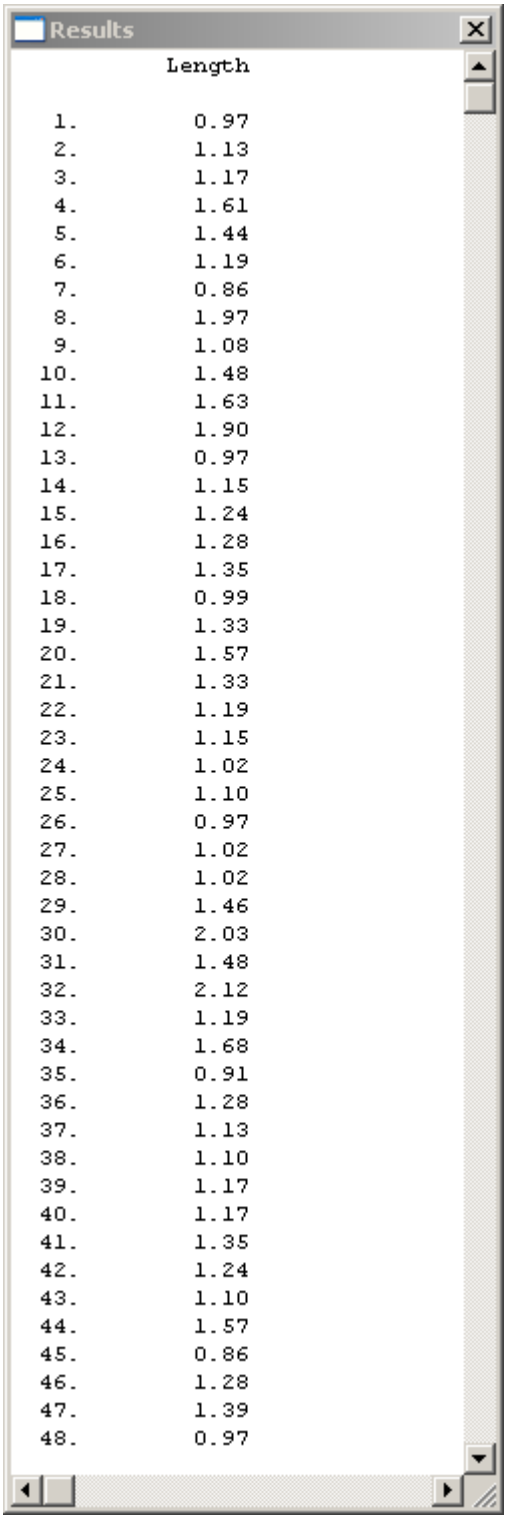

i04_0002.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30



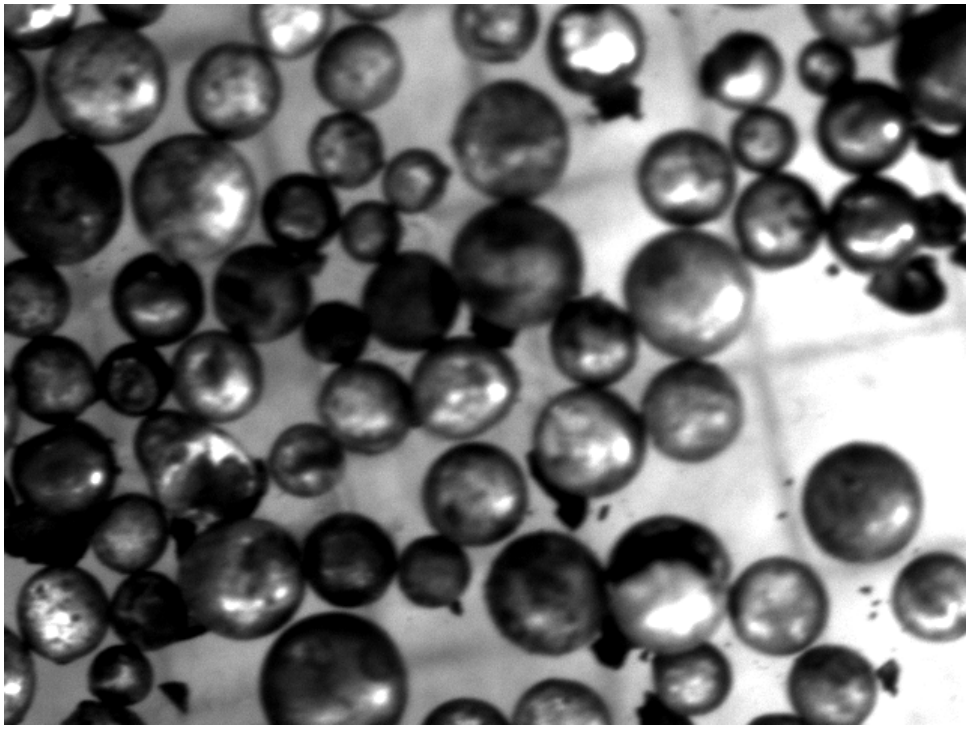
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,170	0,372	0,436
2	1,020	0,325	0,331
3	1,520	0,484	0,735
4	1,570	0,500	0,785
5	1,700	0,541	0,920
6	1,280	0,407	0,522
7	1,330	0,423	0,563
8	1,330	0,423	0,563
9	0,820	0,261	0,214
10	1,190	0,379	0,451
11	1,240	0,395	0,489
12	0,950	0,302	0,287
13	1,190	0,379	0,451
14	0,970	0,309	0,299
15	1,610	0,512	0,825
16	1,460	0,465	0,679
17	1,520	0,484	0,735
18	1,720	0,547	0,942
19	1,100	0,350	0,385
20	1,280	0,407	0,522
21	1,550	0,493	0,765
22	1,440	0,458	0,660
23	1,100	0,350	0,385
24	1,080	0,344	0,371
25	1,370	0,436	0,597
26	1,860	0,592	1,101
27	1,500	0,477	0,716
28	1,330	0,423	0,563
29	1,080	0,344	0,371
30	1,020	0,325	0,331

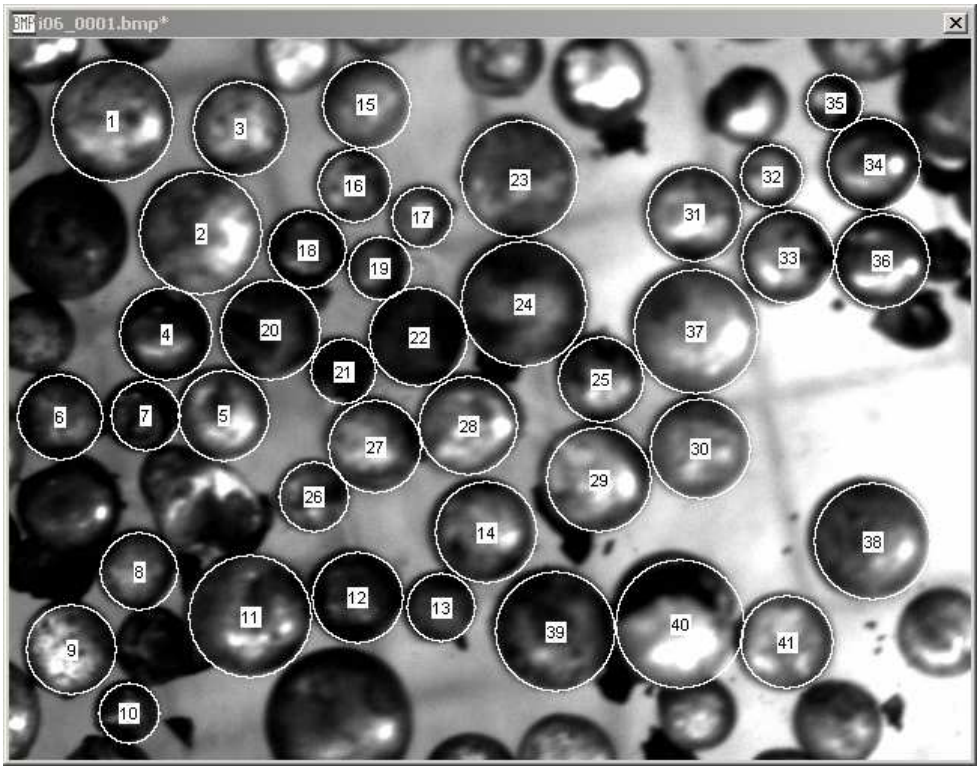


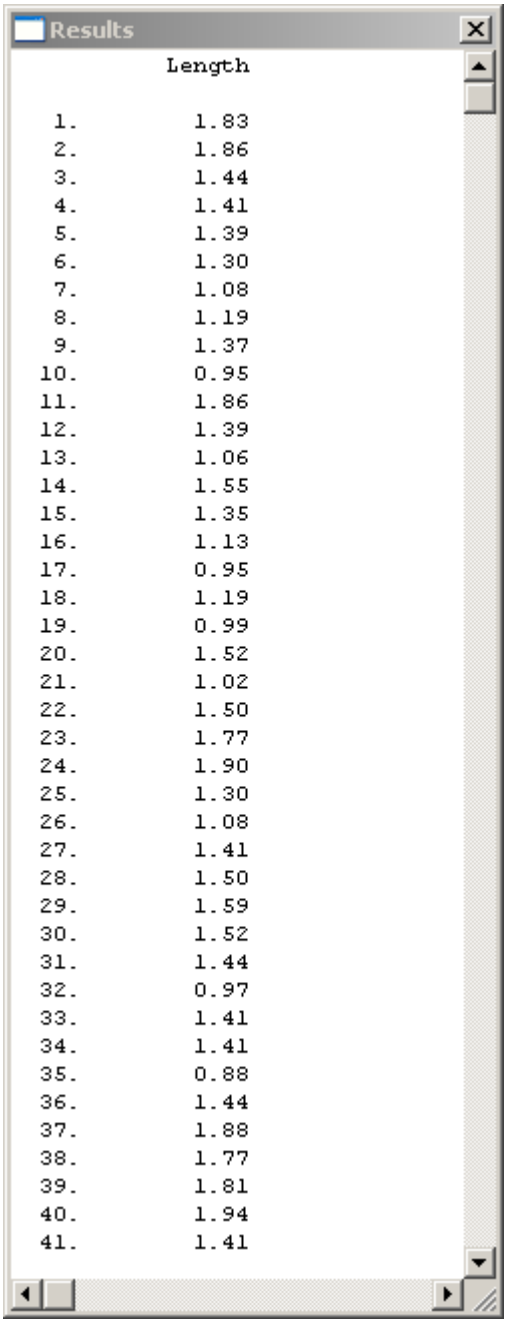

i05_0001.bmp*
1
2
15
16
17
23
24
25
27
5
3
18
21
22
26
28
6
4
19
20
30
29
7
35
33
8
9
34
31
32
43
36
37
38
10
12
44
42
14
46
39
40
13
11
45
41
47
48



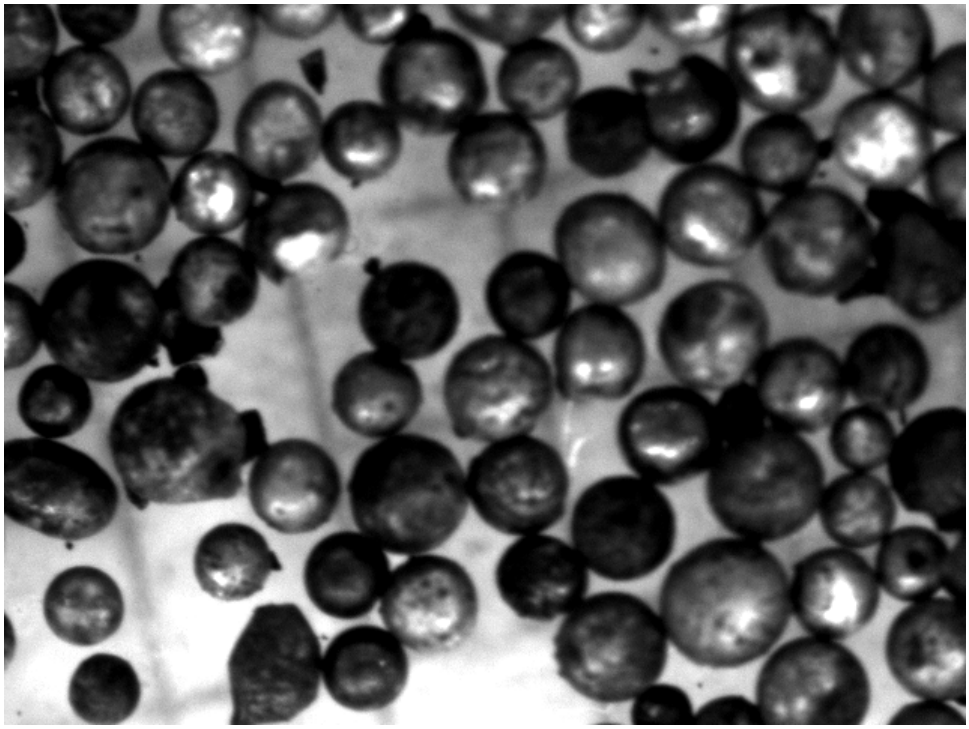
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	0,970	0,309	0,299
2	1,130	0,360	0,406
3	1,170	0,372	0,436
4	1,610	0,512	0,825
5	1,440	0,458	0,660
6	1,190	0,379	0,451
7	0,860	0,274	0,235
8	1,970	0,627	1,235
9	1,080	0,344	0,371
10	1,480	0,471	0,697
11	1,630	0,519	0,846
12	1,900	0,605	1,149
13	0,970	0,309	0,299
14	1,150	0,366	0,421
15	1,240	0,395	0,489
16	1,280	0,407	0,522
17	1,350	0,430	0,580
18	0,990	0,315	0,312
19	1,330	0,423	0,563
20	1,570	0,500	0,785
21	1,330	0,423	0,563
22	1,190	0,379	0,451
23	1,150	0,366	0,421
24	1,020	0,325	0,331
25	1,100	0,350	0,385
26	0,970	0,309	0,299
27	1,020	0,325	0,331
28	1,020	0,325	0,331
29	1,460	0,465	0,679
30	2,030	0,646	1,312
31	1,480	0,471	0,697
32	2,120	0,675	1,431
33	1,190	0,379	0,451
34	1,680	0,535	0,898
35	0,910	0,290	0,264
36	1,280	0,407	0,522
37	1,130	0,360	0,406
38	1,100	0,350	0,385
39	1,170	0,372	0,436
40	1,170	0,372	0,436
41	1,350	0,430	0,580
42	1,240	0,395	0,489
43	1,100	0,350	0,385
44	1,570	0,500	0,785
45	0,860	0,274	0,235
46	1,280	0,407	0,522
47	1,390	0,442	0,615
48	0,970	0,309	0,299



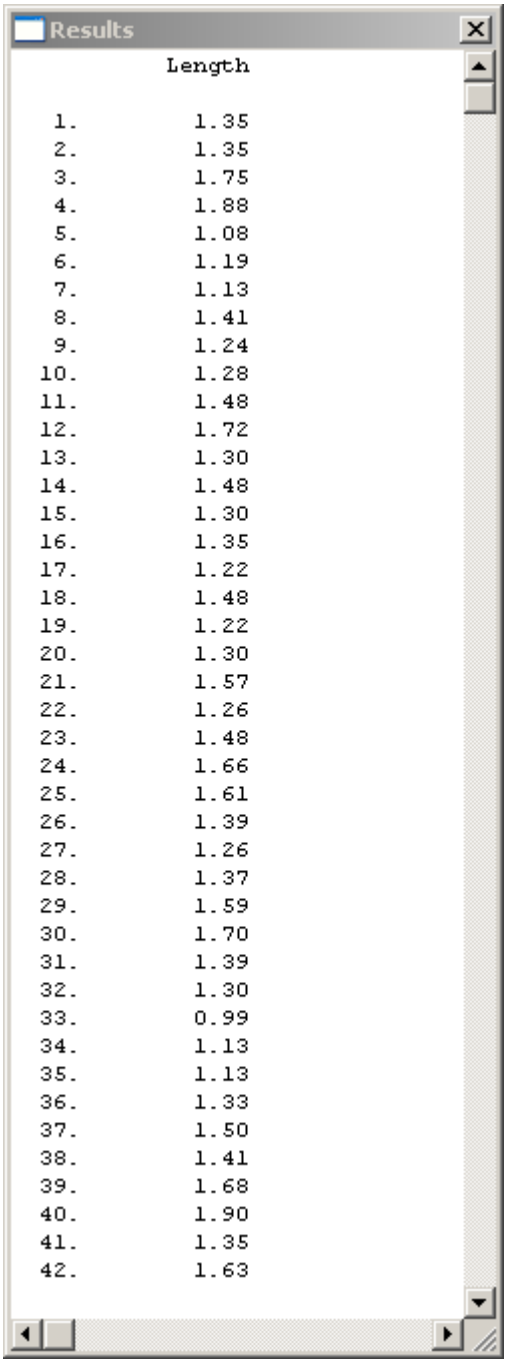

i06_0001.bmp*
1
3
15
35
34
32
23
16
17
31
2
18
19
33
36
24
4
20
22
37
21
25
6
7
5
28
27
30
29
26
14
38
8
11
12
13
39
40
41
9
10



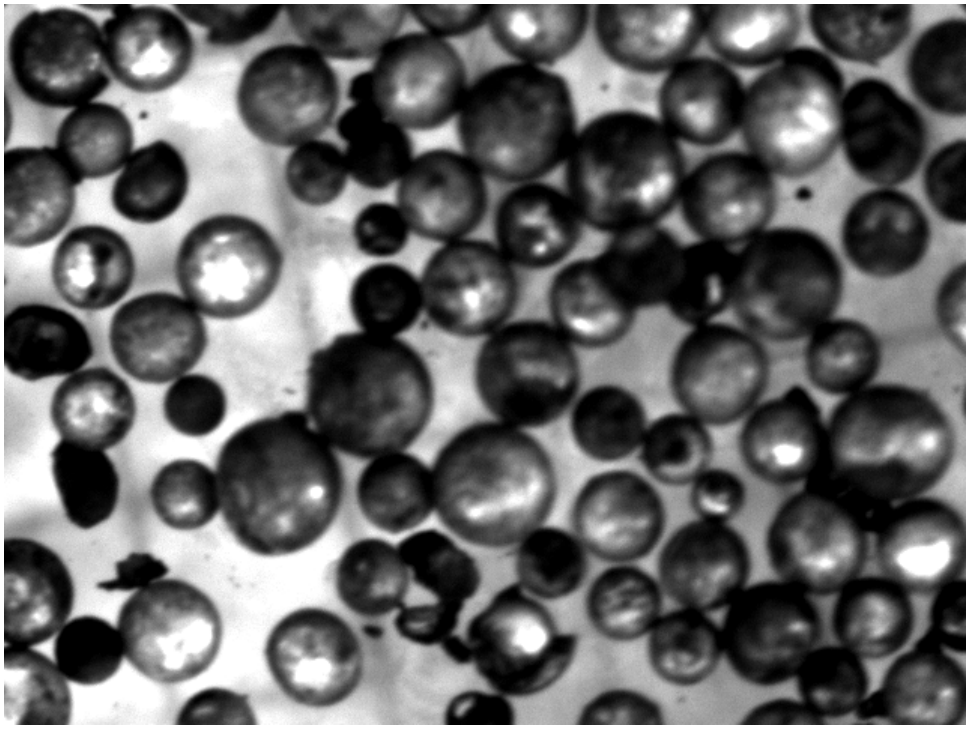
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,830	0,583	1,066
2	1,860	0,592	1,101
3	1,440	0,458	0,660
4	1,410	0,449	0,633
5	1,390	0,442	0,615
6	1,300	0,414	0,538
7	1,080	0,344	0,371
8	1,190	0,379	0,451
9	1,370	0,436	0,597
10	0,950	0,302	0,287
11	1,860	0,592	1,101
12	1,390	0,442	0,615
13	1,060	0,337	0,358
14	1,550	0,493	0,765
15	1,350	0,430	0,580
16	1,130	0,360	0,406
17	0,950	0,302	0,287
18	1,190	0,379	0,451
19	0,990	0,315	0,312
20	1,520	0,484	0,735
21	1,020	0,325	0,331
22	1,500	0,477	0,716
23	1,770	0,563	0,997
24	1,900	0,605	1,149
25	1,300	0,414	0,538
26	1,080	0,344	0,371
27	1,410	0,449	0,633
28	1,500	0,477	0,716
29	1,590	0,506	0,805
30	1,520	0,484	0,735
31	1,440	0,458	0,660
32	0,970	0,309	0,299
33	1,410	0,449	0,633
34	1,410	0,449	0,633
35	0,880	0,280	0,246
36	1,440	0,458	0,660
37	1,880	0,598	1,125
38	1,770	0,563	0,997
39	1,810	0,576	1,043
40	1,940	0,618	1,198
41	1,496	0,476	0,712

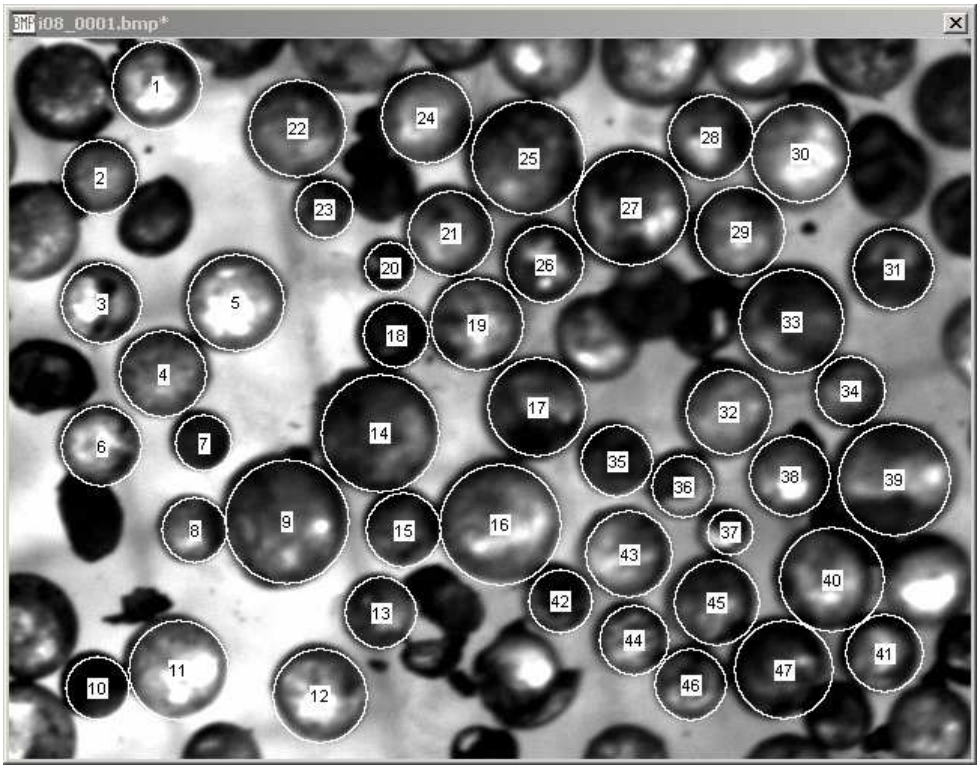


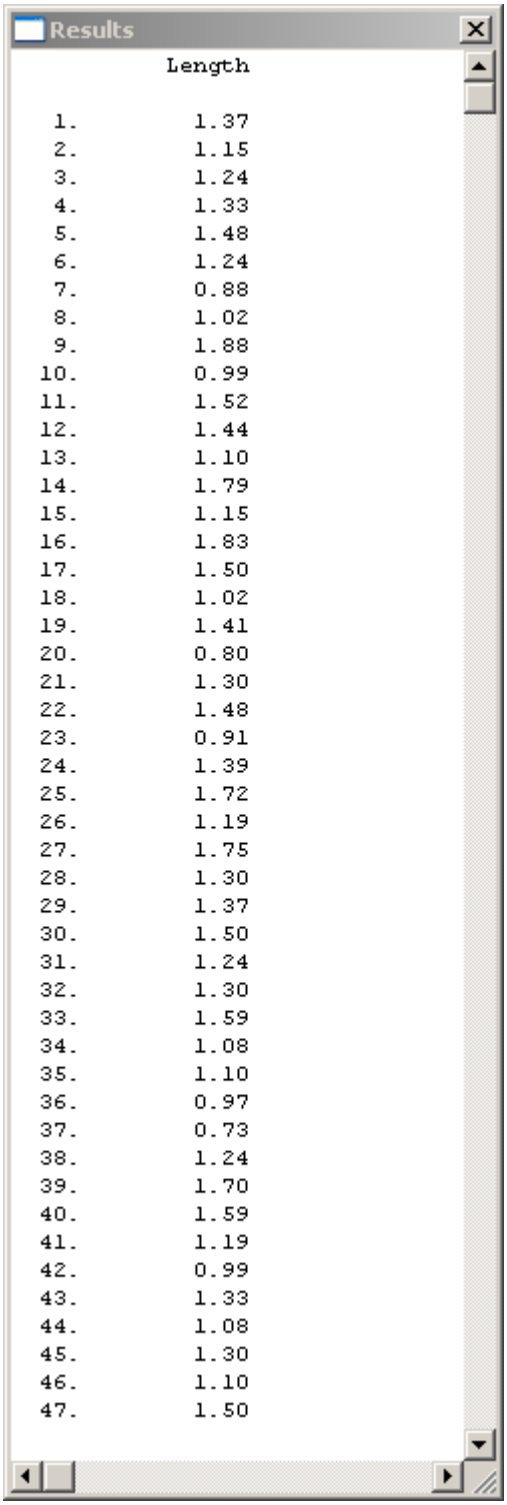

07_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42



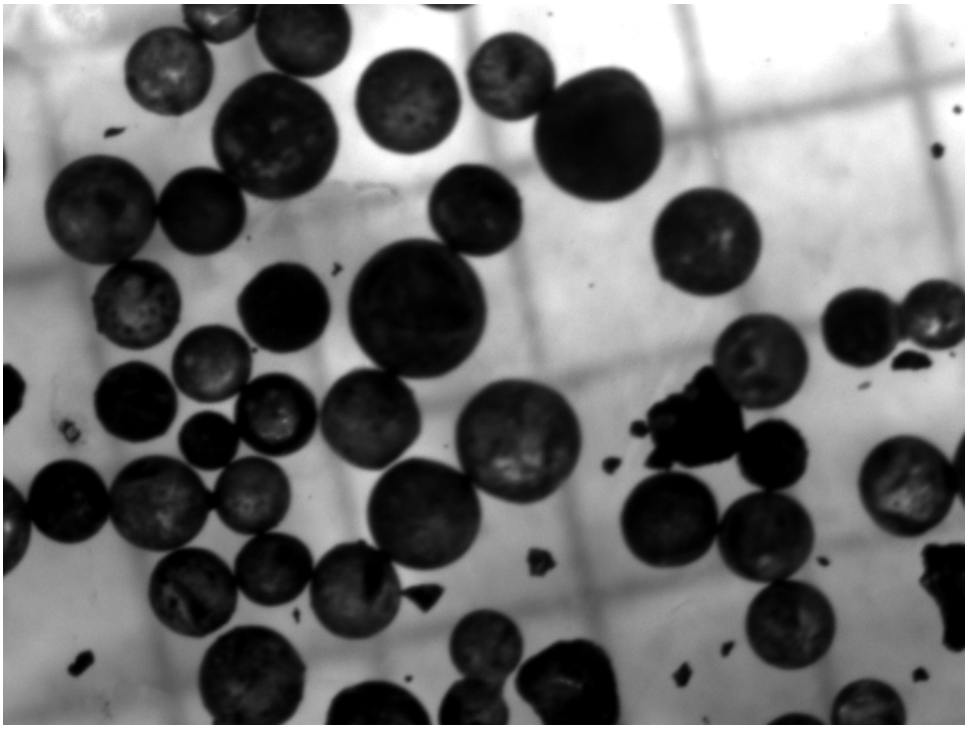
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,350	0,430	0,580
2	1,350	0,430	0,580
3	1,750	0,557	0,975
4	1,880	0,598	1,125
5	1,080	0,344	0,371
6	1,190	0,379	0,451
7	1,130	0,360	0,406
8	1,410	0,449	0,633
9	1,240	0,395	0,489
10	1,280	0,407	0,522
11	1,480	0,471	0,697
12	1,720	0,547	0,942
13	1,300	0,414	0,538
14	1,480	0,471	0,697
15	1,300	0,414	0,538
16	1,350	0,430	0,580
17	1,220	0,388	0,474
18	1,480	0,471	0,697
19	1,220	0,388	0,474
20	1,300	0,414	0,538
21	1,570	0,500	0,785
22	1,260	0,401	0,505
23	1,480	0,471	0,697
24	1,660	0,528	0,877
25	1,610	0,512	0,825
26	1,390	0,442	0,615
27	1,260	0,401	0,505
28	1,370	0,436	0,597
29	1,590	0,506	0,805
30	1,700	0,541	0,920
31	1,390	0,442	0,615
32	1,300	0,414	0,538
33	0,990	0,315	0,312
34	1,130	0,360	0,406
35	1,130	0,360	0,406
36	1,330	0,423	0,563
37	1,500	0,477	0,716
38	1,410	0,449	0,633
39	1,680	0,535	0,898
40	1,900	0,605	1,149
41	1,350	0,430	0,580
42	1,427	0,454	0,648

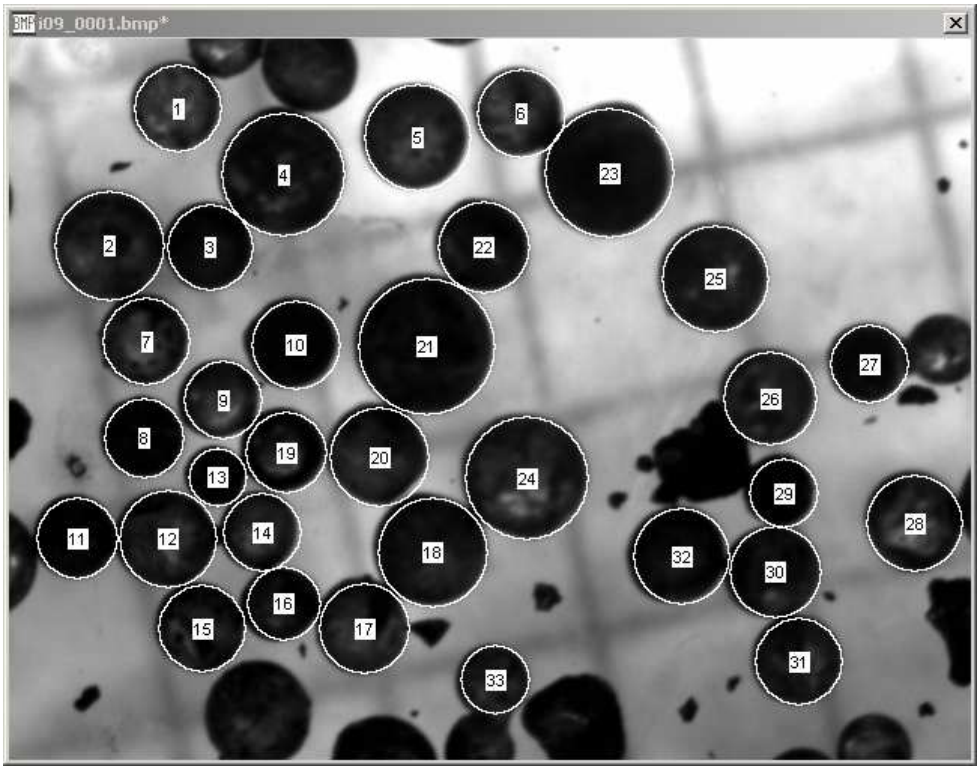


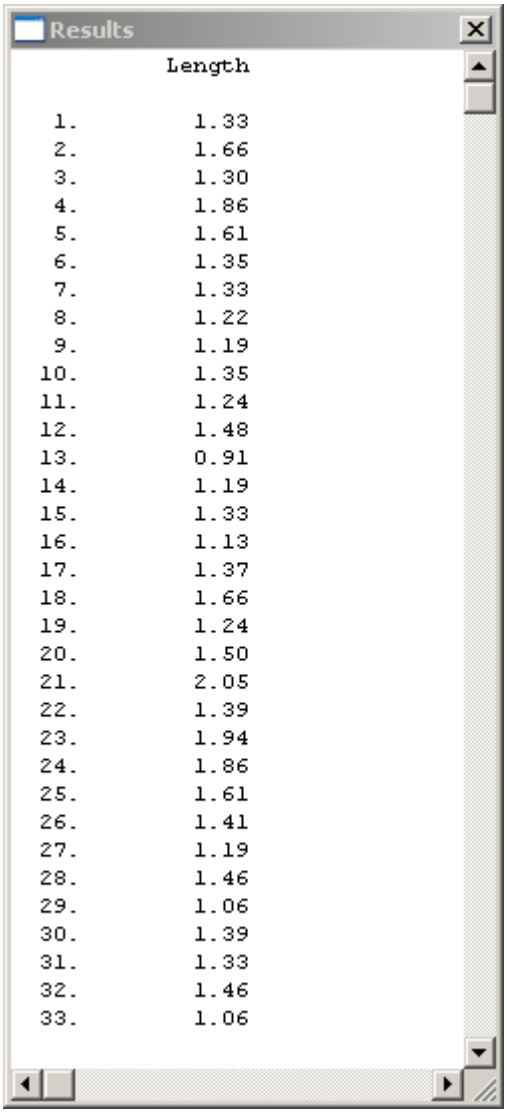

i08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47



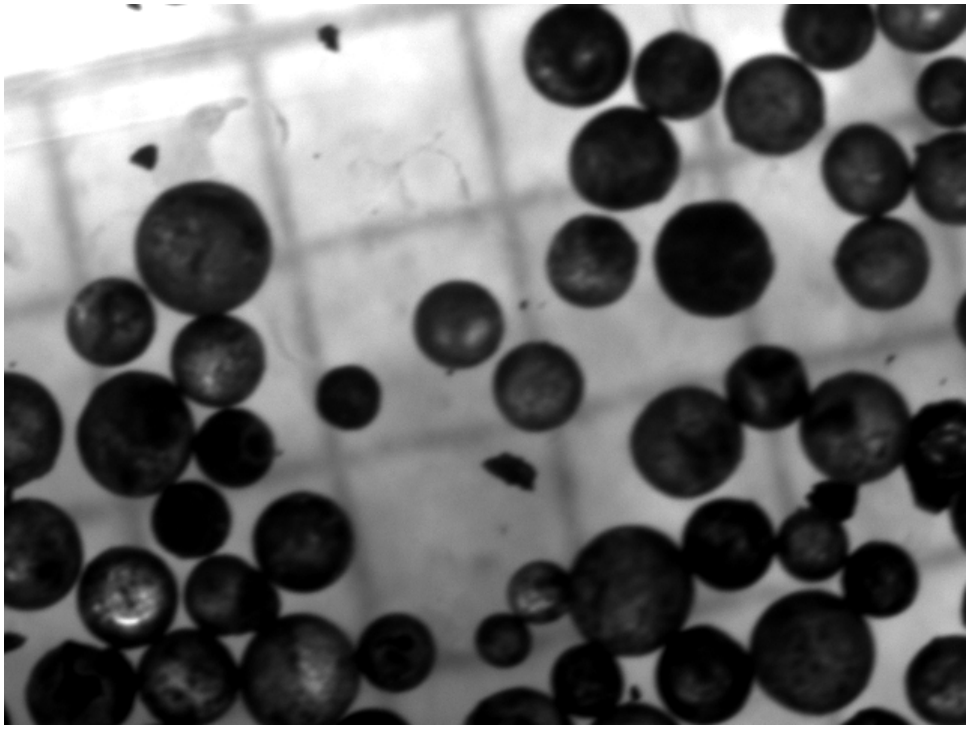
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,370	0,436	0,597
2	1,150	0,366	0,421
3	1,240	0,395	0,489
4	1,330	0,423	0,563
5	1,480	0,471	0,697
6	1,240	0,395	0,489
7	0,880	0,280	0,246
8	1,020	0,325	0,331
9	1,880	0,598	1,125
10	0,990	0,315	0,312
11	1,520	0,484	0,735
12	1,440	0,458	0,660
13	1,100	0,350	0,385
14	1,790	0,570	1,020
15	1,150	0,366	0,421
16	1,830	0,583	1,066
17	1,500	0,477	0,716
18	1,020	0,325	0,331
19	1,410	0,449	0,633
20	0,800	0,255	0,204
21	1,300	0,414	0,538
22	1,480	0,471	0,697
23	0,910	0,290	0,264
24	1,390	0,442	0,615
25	1,720	0,547	0,942
26	1,190	0,379	0,451
27	1,750	0,557	0,975
28	1,300	0,414	0,538
29	1,370	0,436	0,597
30	1,500	0,477	0,716
31	1,240	0,395	0,489
32	1,300	0,414	0,538
33	1,590	0,506	0,805
34	1,080	0,344	0,371
35	1,100	0,350	0,385
36	0,970	0,309	0,299
37	0,730	0,232	0,170
38	1,240	0,395	0,489
39	1,700	0,541	0,920
40	1,590	0,506	0,805
41	1,190	0,379	0,451
42	0,990	0,315	0,312
43	1,330	0,423	0,563
44	1,080	0,344	0,371
45	1,300	0,414	0,538
46	1,100	0,350	0,385
47	1,500	0,477	0,716

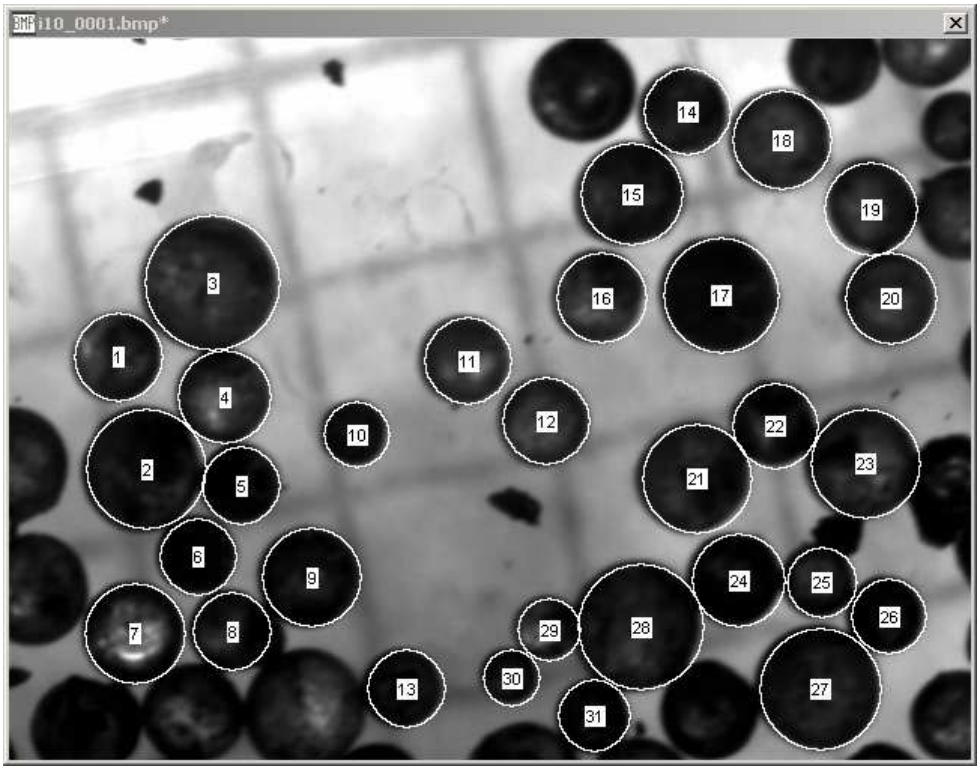


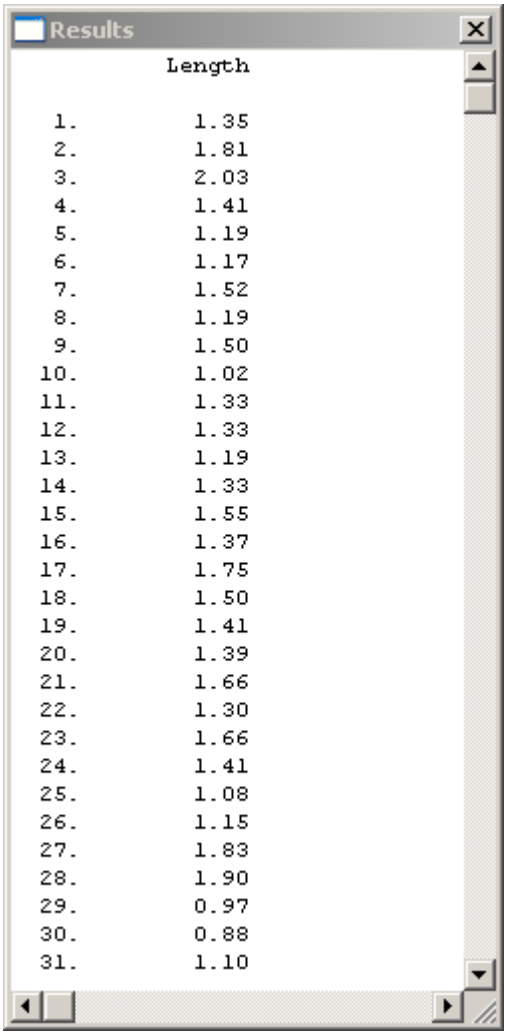

i09_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33



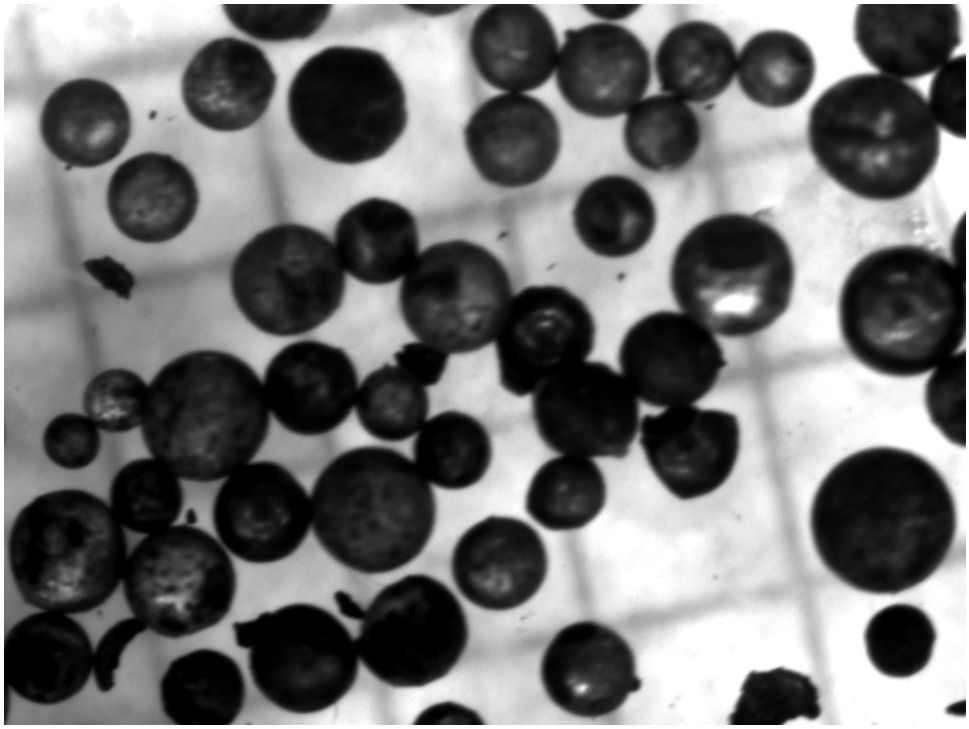
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,330	0,423	0,563
2	1,660	0,528	0,877
3	1,300	0,414	0,538
4	1,860	0,592	1,101
5	1,610	0,512	0,825
6	1,350	0,430	0,580
7	1,330	0,423	0,563
8	1,220	0,388	0,474
9	1,190	0,379	0,451
10	1,350	0,430	0,580
11	1,240	0,395	0,489
12	1,480	0,471	0,697
13	0,910	0,290	0,264
14	1,190	0,379	0,451
15	1,330	0,423	0,563
16	1,130	0,360	0,406
17	1,370	0,436	0,597
18	1,660	0,528	0,877
19	1,240	0,395	0,489
20	1,500	0,477	0,716
21	2,050	0,653	1,338
22	1,390	0,442	0,615
23	1,940	0,618	1,198
24	1,860	0,592	1,101
25	1,610	0,512	0,825
26	1,410	0,449	0,633
27	1,190	0,379	0,451
28	1,460	0,465	0,679
29	1,060	0,337	0,358
30	1,390	0,442	0,615
31	1,330	0,423	0,563
32	1,460	0,465	0,679
33	1,060	0,337	0,358

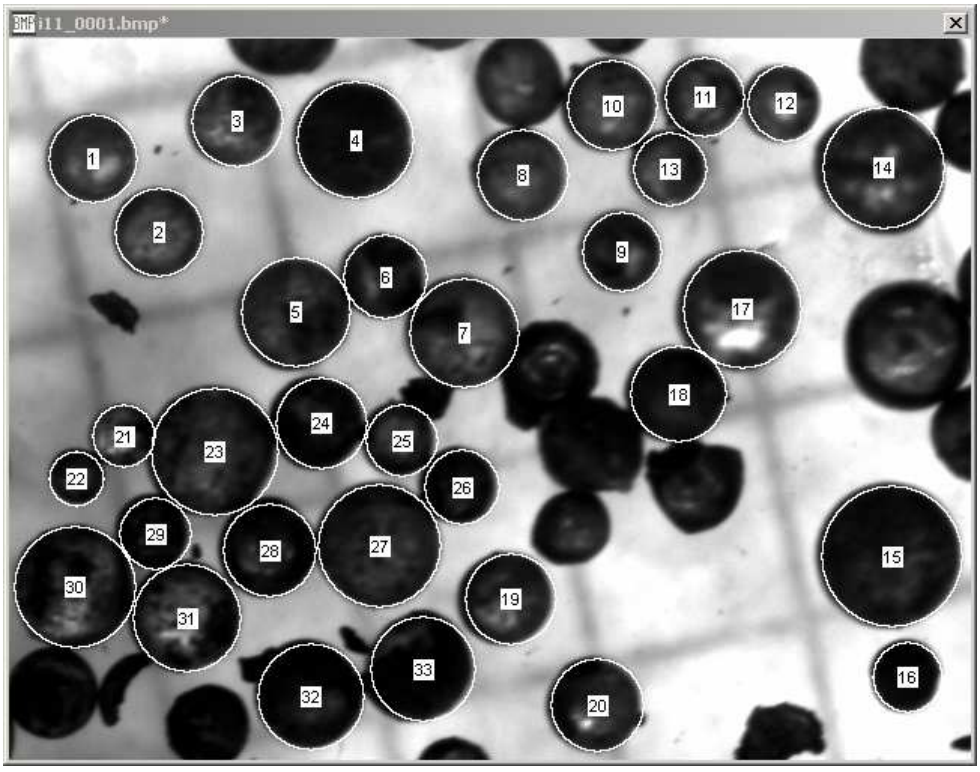


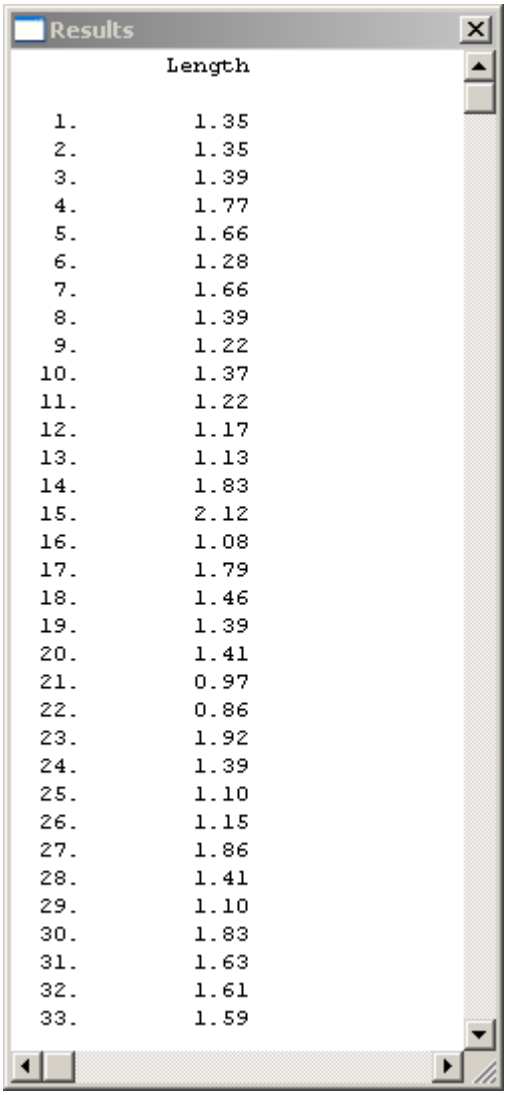

i10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31



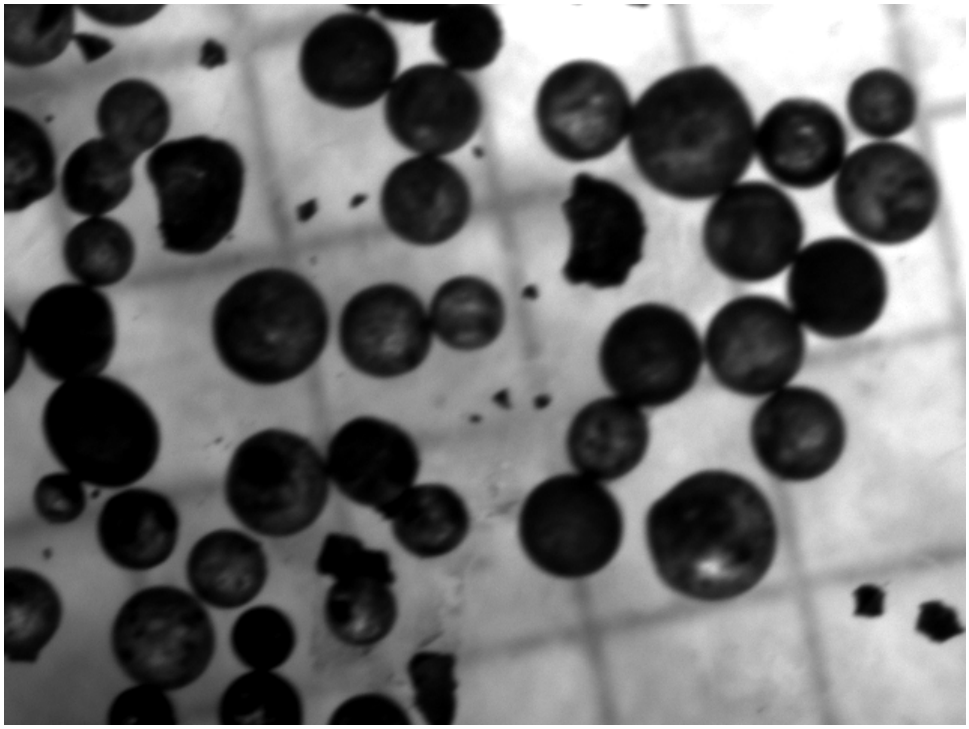
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,350	0,430	0,580
2	1,810	0,576	1,043
3	2,030	0,646	1,312
4	1,410	0,449	0,633
5	1,190	0,379	0,451
6	1,170	0,372	0,436
7	1,520	0,484	0,735
8	1,190	0,379	0,451
9	1,500	0,477	0,716
10	1,020	0,325	0,331
11	1,330	0,423	0,563
12	1,330	0,423	0,563
13	1,190	0,379	0,451
14	1,330	0,423	0,563
15	1,550	0,493	0,765
16	1,370	0,436	0,597
17	1,750	0,557	0,975
18	1,500	0,477	0,716
19	1,410	0,449	0,633
20	1,390	0,442	0,615
21	1,660	0,528	0,877
22	1,300	0,414	0,538
23	1,660	0,528	0,877
24	1,410	0,449	0,633
25	1,080	0,344	0,371
26	1,150	0,366	0,421
27	1,830	0,583	1,066
28	1,900	0,605	1,149
29	0,970	0,309	0,299
30	0,880	0,280	0,246
31	1,100	0,350	0,385

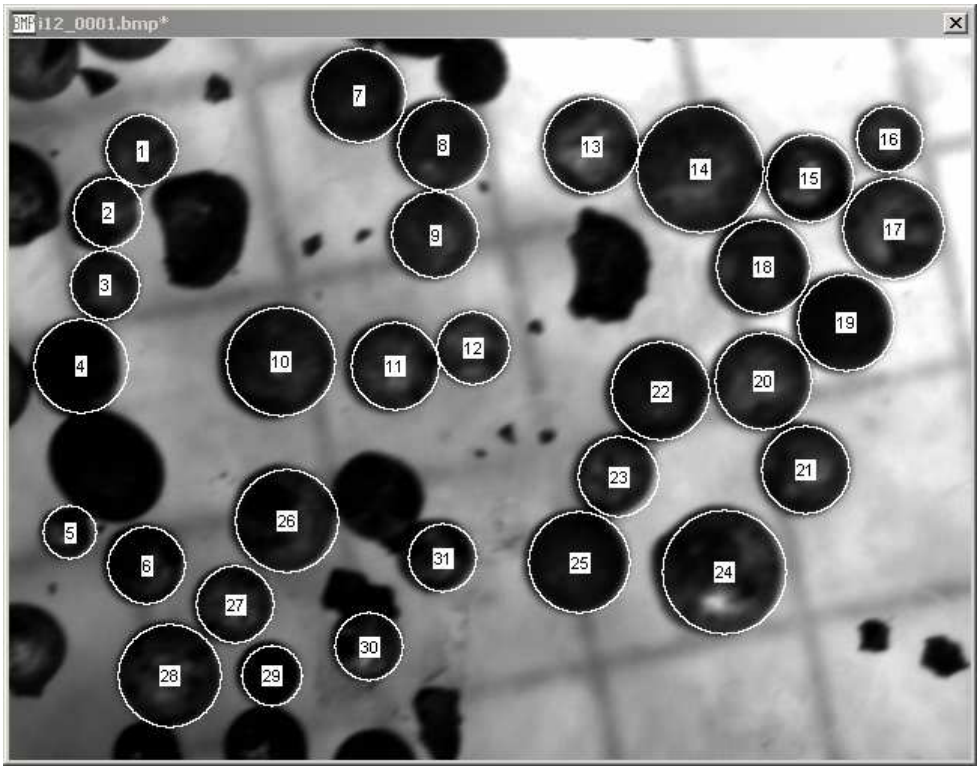


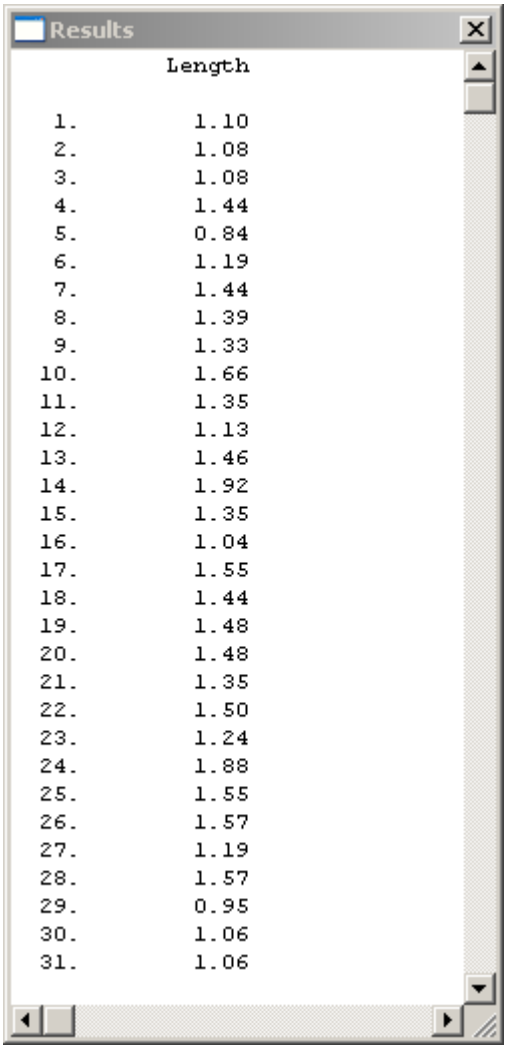

i11_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,350	0,430	0,580
2	1,350	0,430	0,580
3	1,390	0,442	0,615
4	1,770	0,563	0,997
5	1,660	0,528	0,877
6	1,280	0,407	0,522
7	1,660	0,528	0,877
8	1,390	0,442	0,615
9	1,220	0,388	0,474
10	1,370	0,436	0,597
11	1,220	0,388	0,474
12	1,170	0,372	0,436
13	1,130	0,360	0,406
14	1,830	0,583	1,066
15	2,120	0,675	1,431
16	1,080	0,344	0,371
17	1,790	0,570	1,020
18	1,460	0,465	0,679
19	1,390	0,442	0,615
20	1,410	0,449	0,633
21	0,970	0,309	0,299
22	0,860	0,274	0,235
23	1,920	0,611	1,173
24	1,390	0,442	0,615
25	1,100	0,350	0,385
26	1,150	0,366	0,421
27	1,860	0,592	1,101
28	1,410	0,449	0,633
29	1,100	0,350	0,385
30	1,830	0,583	1,066
31	1,630	0,519	0,846
32	1,610	0,512	0,825
33	1,590	0,506	0,805

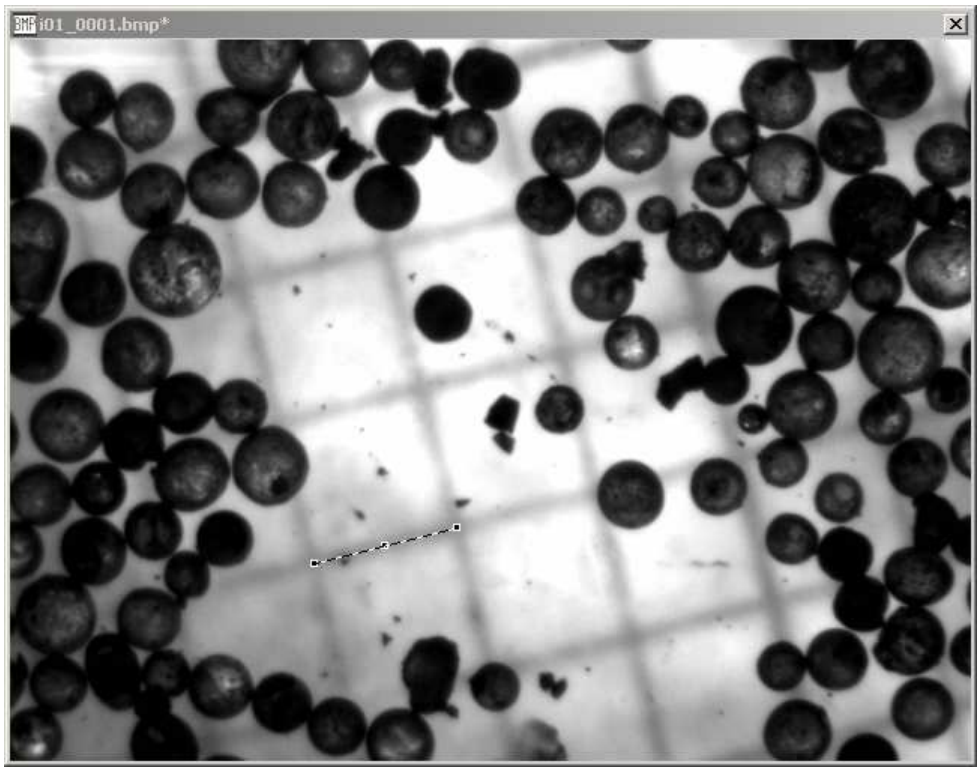


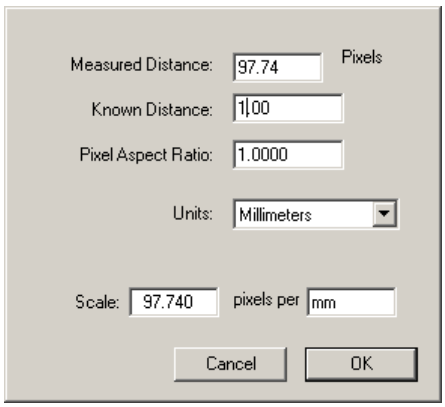

i12_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

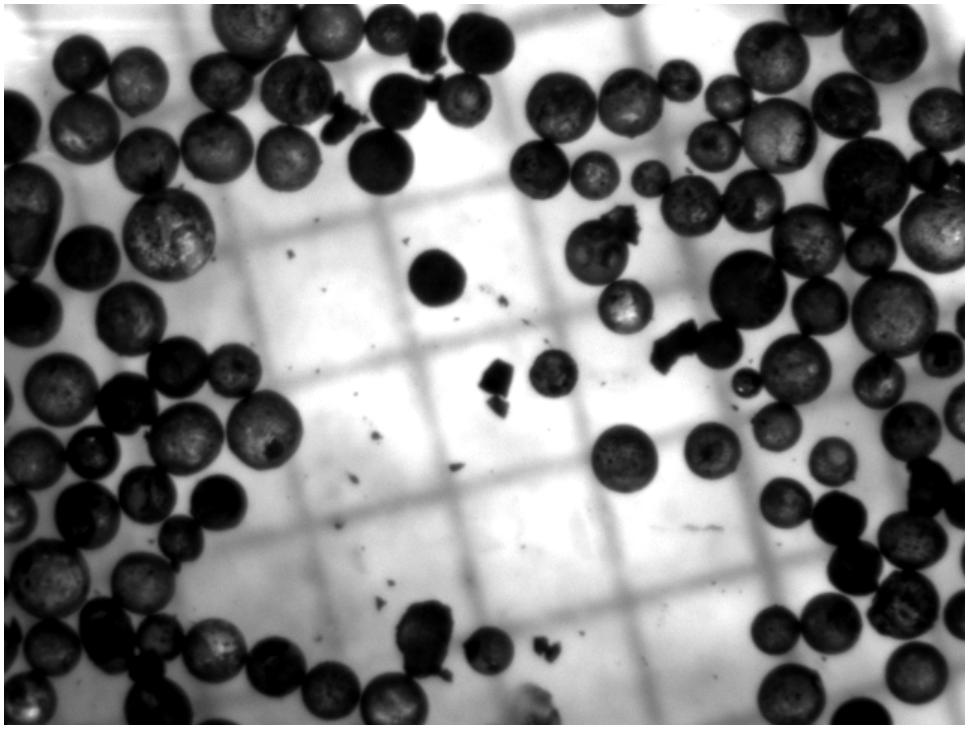


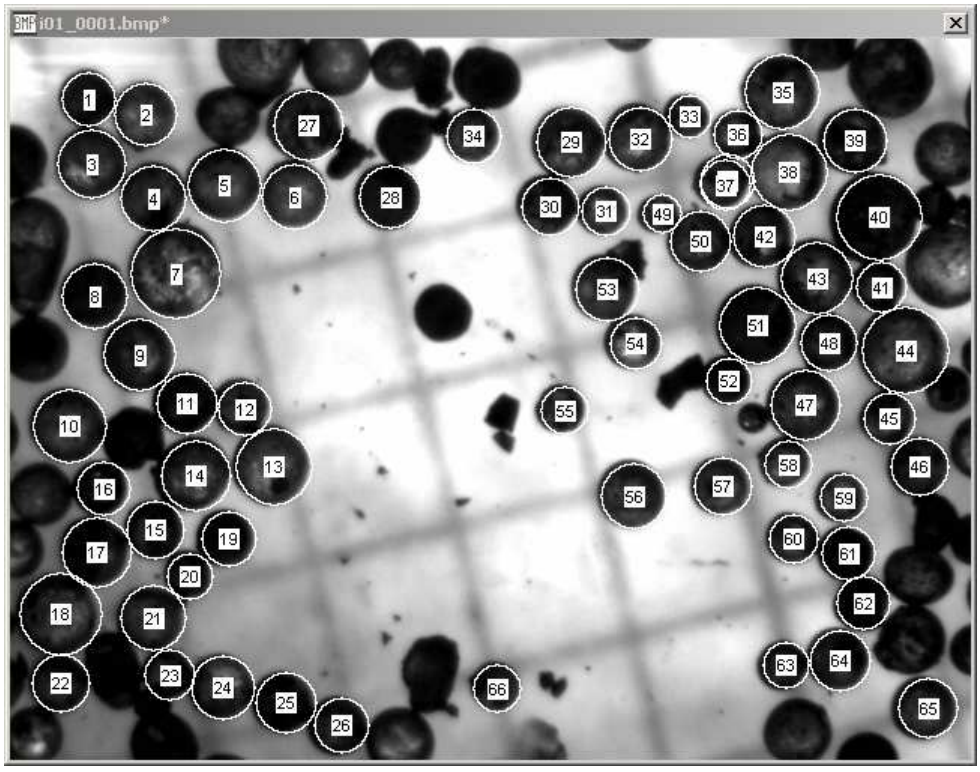
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,100	0,350	0,385
2	1,080	0,344	0,371
3	1,080	0,344	0,371
4	1,440	0,458	0,660
5	0,840	0,267	0,225
6	1,190	0,379	0,451
7	1,440	0,458	0,660
8	1,390	0,442	0,615
9	1,330	0,423	0,563
10	1,660	0,528	0,877
11	1,350	0,430	0,580
12	1,130	0,360	0,406
13	1,460	0,465	0,679
14	1,920	0,611	1,173
15	1,350	0,430	0,580
16	1,040	0,331	0,344
17	1,550	0,493	0,765
18	1,440	0,458	0,660
19	1,480	0,471	0,697
20	1,480	0,471	0,697
21	1,350	0,430	0,580
22	1,500	0,477	0,716
23	1,240	0,395	0,489
24	1,880	0,598	1,125
25	1,550	0,493	0,765
26	1,570	0,500	0,785
27	1,190	0,379	0,451
28	1,570	0,500	0,785
29	0,950	0,302	0,287
30	1,060	0,337	0,358
31	1,060	0,337	0,358

D.1.5 DIA 20 (11-MAIO-2009)





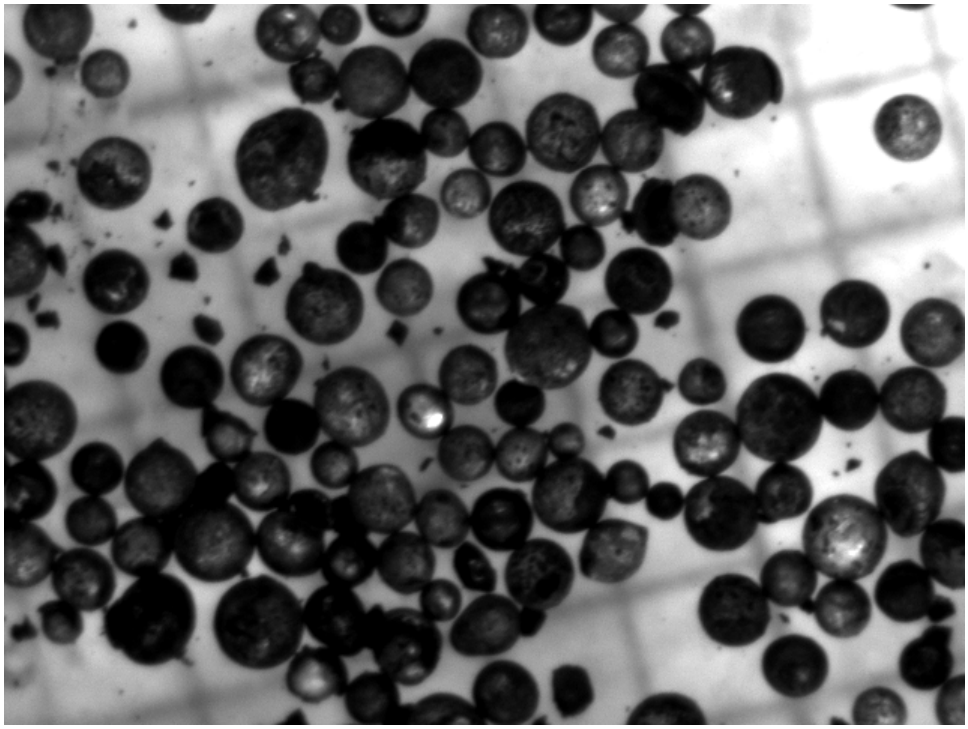


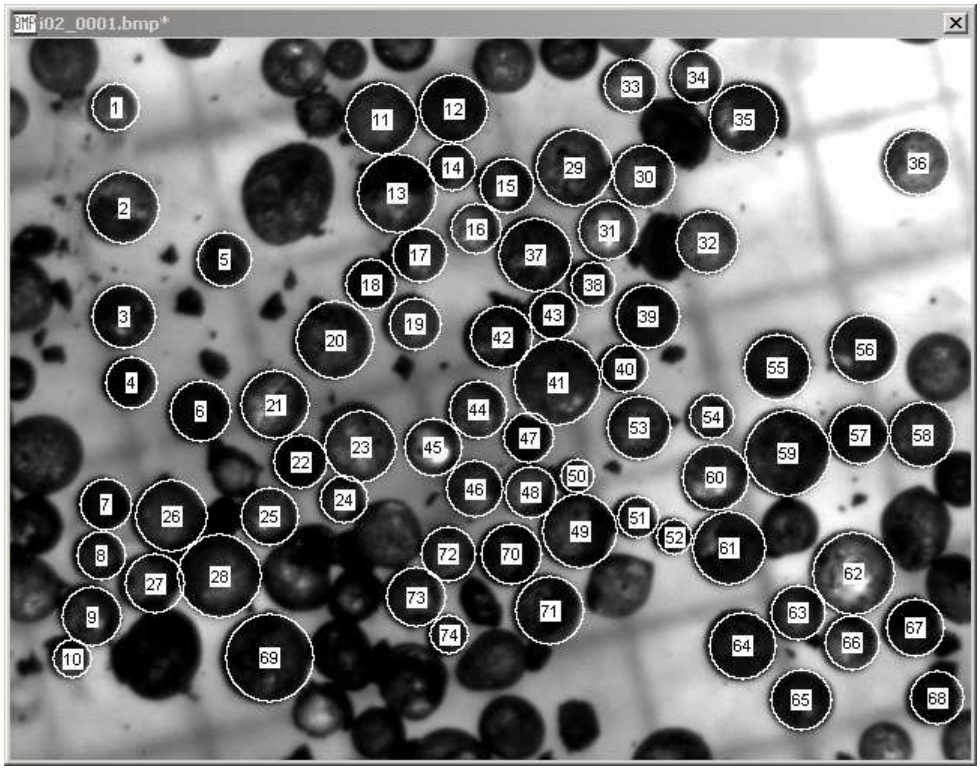

i01_0001.bmp*
1
2
27
34
29
32
33
35
36
39
3
4
5
6
28
30
31
49
37
38
40
50
42
7
8
53
43
41
51
54
48
44
9
52
11
12
55
47
45
10
13
14
58
46
16
56
57
59
15
19
60
61
17
20
62
18
21
63
64
22
23
24
25
26
66
65

Results

	Length
1.	1.22
2.	1.41
3.	1.54
4.	1.47
5.	1.64
6.	1.47
7.	1.99
8.	1.47
9.	1.60
10.	1.64
11.	1.38
12.	1.22
13.	1.70
14.	1.57
15.	1.31
16.	1.22
17.	1.57
18.	1.83
19.	1.25
20.	1.06
21.	1.47
22.	1.31
23.	1.15
24.	1.44
25.	1.38
26.	1.25
27.	1.57
28.	1.41
29.	1.57
30.	1.31
31.	1.12
32.	1.44
33.	0.99
34.	1.25
35.	1.67
36.	1.12
37.	1.15
38.	1.70
39.	1.44
40.	1.89
41.	1.15
42.	1.41
43.	1.60
44.	1.92
45.	1.19
46.	1.31
47.	1.57
48.	1.28
49.	0.90
50.	1.38
51.	1.70
52.	1.06
53.	1.44
54.	1.19
55.	1.09
56.	1.47
57.	1.31
58.	1.09
59.	1.09
60.	1.12
61.	1.22
62.	1.22
63.	1.06
64.	1.38
65.	1.35
66.	1.09

	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,220	0,388	0,474
2	1,410	0,449	0,633
3	1,540	0,490	0,755
4	1,470	0,468	0,688
5	1,640	0,522	0,856
6	1,470	0,468	0,688
7	1,990	0,633	1,261
8	1,470	0,468	0,688
9	1,600	0,509	0,815
10	1,640	0,522	0,856
11	1,380	0,439	0,606
12	1,220	0,388	0,474
13	1,700	0,541	0,920
14	1,570	0,500	0,785
15	1,310	0,417	0,546
16	1,220	0,388	0,474
17	1,570	0,500	0,785
18	1,830	0,583	1,066
19	1,250	0,398	0,497
20	1,060	0,337	0,358
21	1,470	0,468	0,688
22	1,310	0,417	0,546
23	1,150	0,366	0,421
24	1,440	0,458	0,660
25	1,380	0,439	0,606
26	1,250	0,398	0,497
27	1,570	0,500	0,785
28	1,410	0,449	0,633
29	1,570	0,500	0,785
30	1,310	0,417	0,546
31	1,120	0,357	0,399
32	1,440	0,458	0,660
33	0,990	0,315	0,312
34	1,250	0,398	0,497
35	1,670	0,532	0,888
36	1,120	0,357	0,399
37	1,150	0,366	0,421
38	1,700	0,541	0,920
39	1,440	0,458	0,660
40	1,890	0,602	1,137
41	1,150	0,366	0,421
42	1,410	0,449	0,633
43	1,600	0,509	0,815
44	1,920	0,611	1,173
45	1,190	0,379	0,451
46	1,310	0,417	0,546
47	1,570	0,500	0,785
48	1,280	0,407	0,522
49	0,900	0,286	0,258
50	1,380	0,439	0,606
51	1,700	0,541	0,920
52	1,060	0,337	0,358
53	1,440	0,458	0,660
54	1,190	0,379	0,451
55	1,090	0,347	0,378
56	1,470	0,468	0,688
57	1,310	0,417	0,546
58	1,090	0,347	0,378
59	1,090	0,347	0,378
60	1,120	0,357	0,399
61	1,220	0,388	0,474
62	1,220	0,388	0,474
63	1,060	0,337	0,358
64	1,380	0,439	0,606
65	1,350	0,430	0,580
66	1,090	0,347	0,378

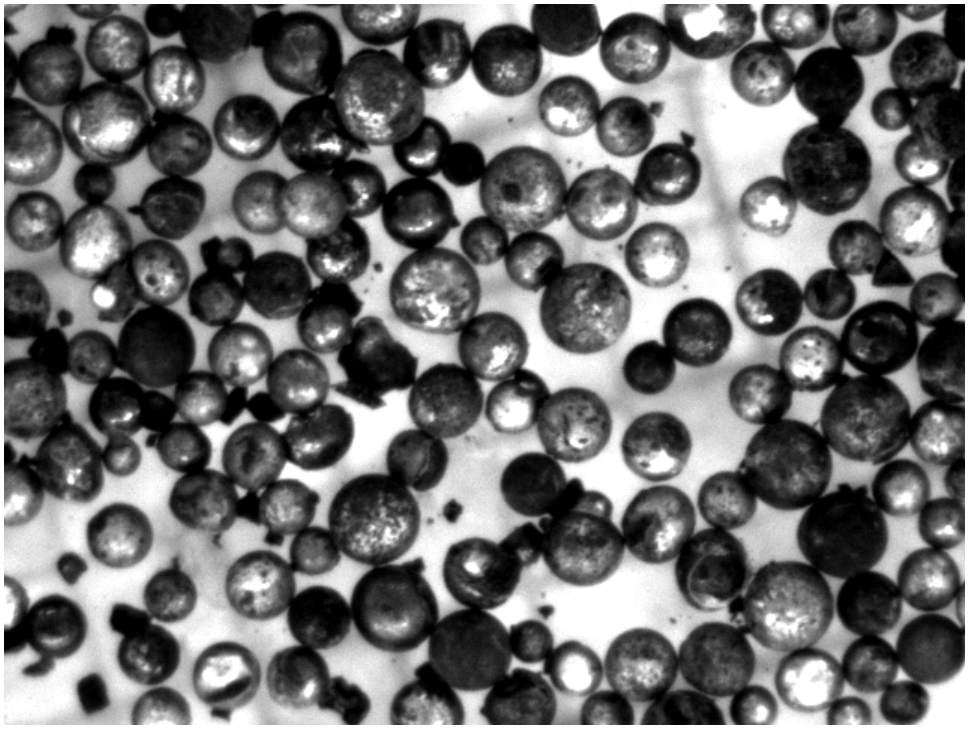


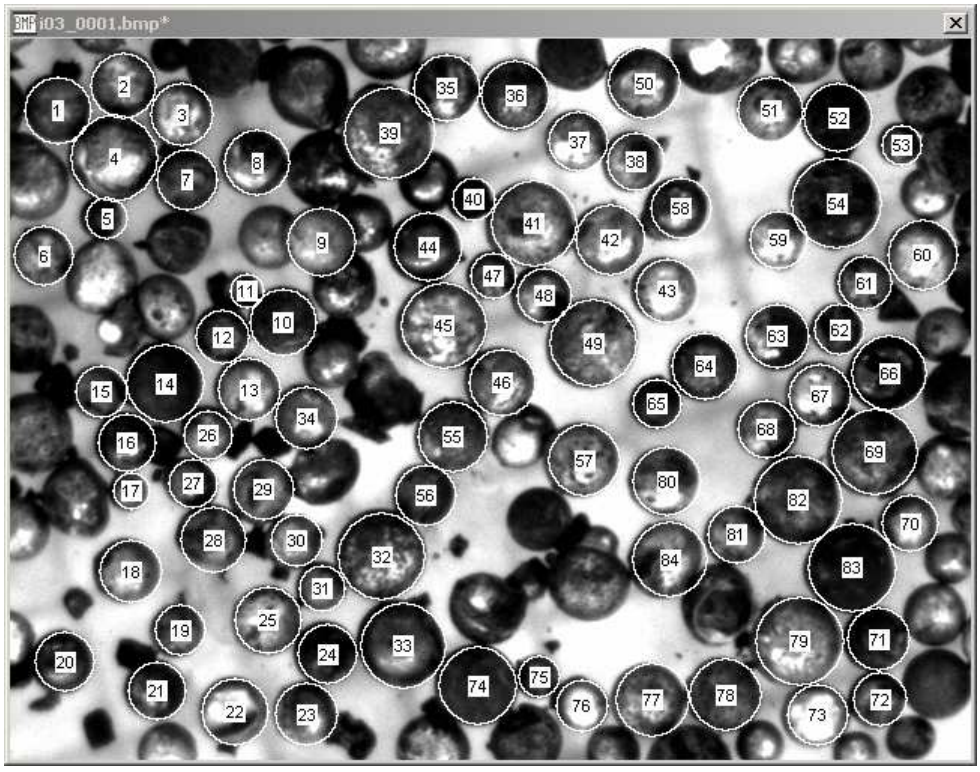

i02_0001.bmp*

Results

	Length
1.	1.09
2.	1.60
3.	1.44
4.	1.19
5.	1.25
6.	1.38
7.	1.19
8.	1.12
9.	1.35
10.	0.90
11.	1.60
12.	1.54
13.	1.76
14.	1.09
15.	1.25
16.	1.15
17.	1.25
18.	1.15
19.	1.19
20.	1.73
21.	1.54
22.	1.22
23.	1.60
24.	1.09
25.	1.31
26.	1.60
27.	1.35
28.	1.86
29.	1.70
30.	1.41
31.	1.35
32.	1.41
33.	1.22
34.	1.22
35.	1.54
36.	1.47
37.	1.64
38.	1.03
39.	1.44
40.	1.09
41.	1.92
42.	1.41
43.	1.12
44.	1.31
45.	1.31
46.	1.28
47.	1.15
48.	1.19
49.	1.67
50.	0.80
51.	0.96
52.	0.83
53.	1.44
54.	1.03
55.	1.51
56.	1.54
57.	1.35
58.	1.47
59.	1.89
60.	1.51
61.	1.64
62.	1.83
63.	1.25
64.	1.51
65.	1.38
66.	1.25
67.	1.31
68.	1.22
69.	1.96
70.	1.38
71.	1.54
72.	1.25
73.	1.35
74.	0.90

	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,090	0,347	0,378
2	1,600	0,509	0,815
3	1,440	0,458	0,660
4	1,190	0,379	0,451
5	1,250	0,398	0,497
6	1,380	0,439	0,606
7	1,190	0,379	0,451
8	1,120	0,357	0,399
9	1,350	0,430	0,580
10	0,900	0,286	0,258
11	1,600	0,509	0,815
12	1,540	0,490	0,755
13	1,760	0,560	0,986
14	1,090	0,347	0,378
15	1,250	0,398	0,497
16	1,150	0,366	0,421
17	1,250	0,398	0,497
18	1,150	0,366	0,421
19	1,190	0,379	0,451
20	1,730	0,551	0,953
21	1,540	0,490	0,755
22	1,220	0,388	0,474
23	1,600	0,509	0,815
24	1,090	0,347	0,378
25	1,310	0,417	0,546
26	1,600	0,509	0,815
27	1,350	0,430	0,580
28	1,860	0,592	1,101
29	1,700	0,541	0,920
30	1,410	0,449	0,633
31	1,350	0,430	0,580
32	1,410	0,449	0,633
33	1,220	0,388	0,474
34	1,220	0,388	0,474
35	1,540	0,490	0,755
36	1,470	0,468	0,688
37	1,640	0,522	0,856
38	1,030	0,328	0,338
39	1,440	0,458	0,660
40	1,090	0,347	0,378
41	1,920	0,611	1,173
42	1,410	0,449	0,633
43	1,120	0,357	0,399
44	1,310	0,417	0,546
45	1,310	0,417	0,546
46	1,280	0,407	0,522
47	1,150	0,366	0,421
48	1,190	0,379	0,451
49	1,670	0,532	0,888
50	0,800	0,255	0,204
51	0,960	0,306	0,293
52	0,830	0,264	0,219
53	1,440	0,458	0,660
54	1,030	0,328	0,338
55	1,510	0,481	0,726
56	1,540	0,490	0,755
57	1,350	0,430	0,580
58	1,470	0,468	0,688
59	1,890	0,602	1,137
60	1,510	0,481	0,726
61	1,640	0,522	0,856
62	1,830	0,583	1,066
63	1,250	0,398	0,497
64	1,510	0,481	0,726
65	1,380	0,439	0,606
66	1,250	0,398	0,497
67	1,310	0,417	0,546
68	1,220	0,388	0,474
69	1,960	0,624	1,223
70	1,380	0,439	0,606
71	1,540	0,490	0,755
72	1,250	0,398	0,497
73	1,350	0,430	0,580
74	0,900	0,286	0,258

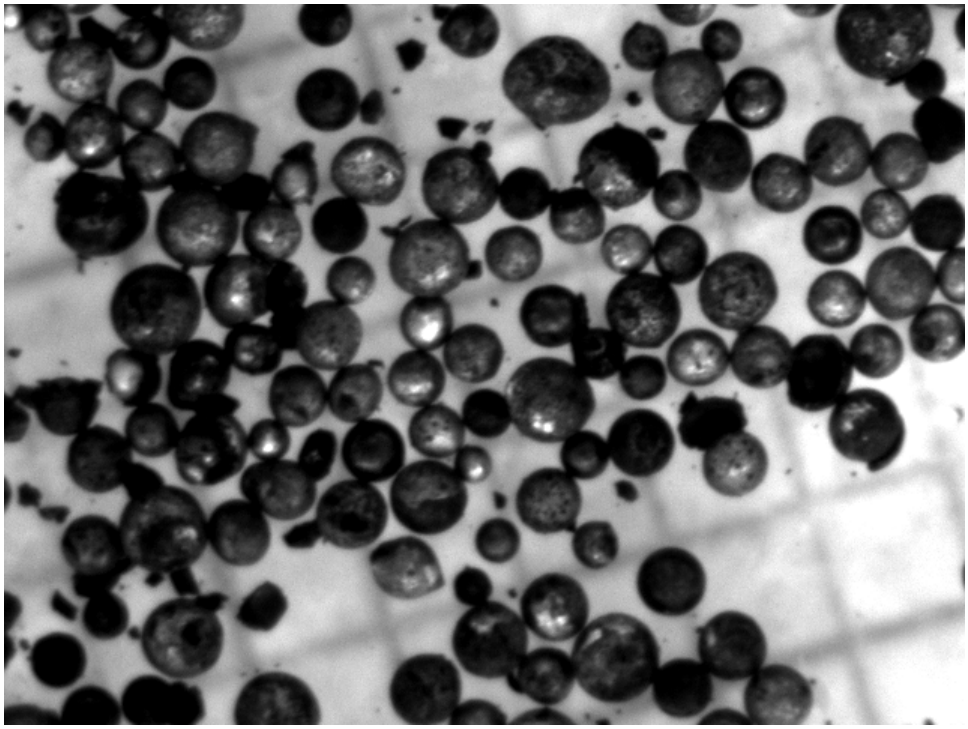


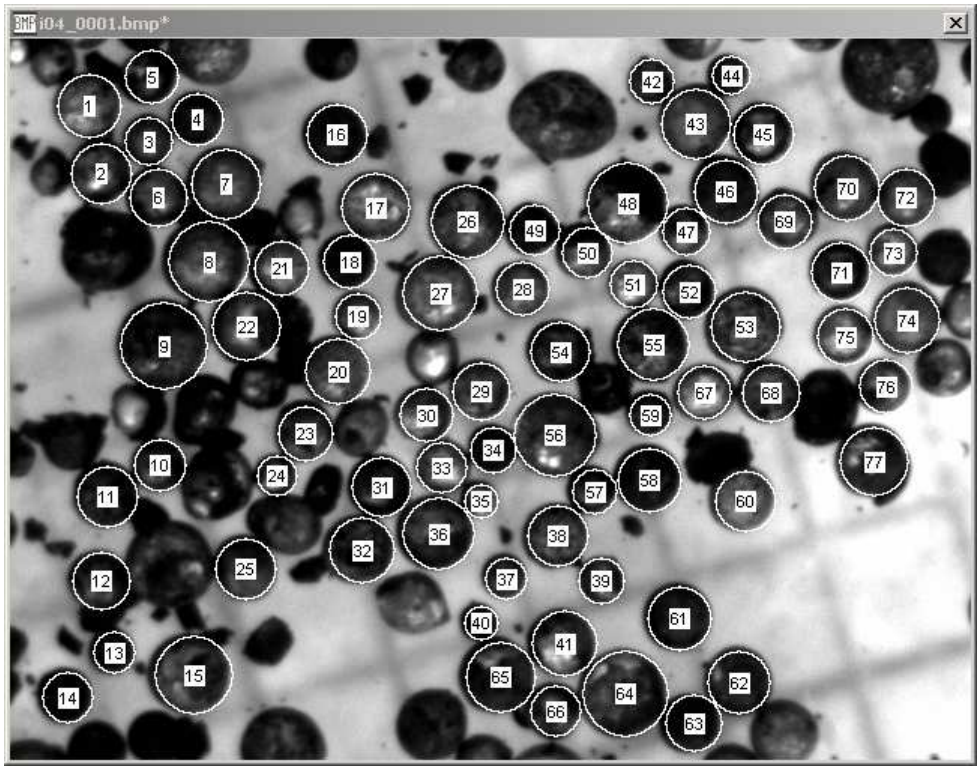

i03_0001.bmp*

Results

	Length
1.	1.51
2.	1.47
3.	1.41
4.	1.92
5.	0.96
6.	1.35
7.	1.38
8.	1.47
9.	1.54
10.	1.51
11.	0.80
12.	1.22
13.	1.41
14.	1.73
15.	1.19
16.	1.31
17.	0.87
18.	1.41
19.	1.15
20.	1.35
21.	1.31
22.	1.51
23.	1.41
24.	1.35
25.	1.51
26.	1.12
27.	1.12
28.	1.47
29.	1.38
30.	1.19
31.	1.06
32.	1.92
33.	1.89
34.	1.41
35.	1.51
36.	1.54
37.	1.35
38.	1.31
39.	2.02
40.	0.99
41.	1.89
42.	1.57
43.	1.44
44.	1.54
45.	1.89
46.	1.51
47.	1.06
48.	1.25
49.	1.92
50.	1.60
51.	1.47
52.	1.54
53.	0.93
54.	1.99
55.	1.57
56.	1.38
57.	1.60
58.	1.38
59.	1.31
60.	1.57
61.	1.22
62.	1.15
63.	1.44
64.	1.51
65.	1.12
66.	1.67
67.	1.41
68.	1.31
69.	1.89
70.	1.28
71.	1.41
72.	1.22
73.	1.38
74.	1.73
75.	0.96
76.	1.19
77.	1.64
78.	1.60
79.	1.96
80.	1.54
81.	1.31
82.	1.96
83.	1.96
84.	1.67

	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,510	0,481	0,726
2	1,470	0,468	0,688
3	1,410	0,449	0,633
4	1,920	0,611	1,173
5	0,960	0,306	0,293
6	1,350	0,430	0,580
7	1,380	0,439	0,606
8	1,470	0,468	0,688
9	1,540	0,490	0,755
10	1,510	0,481	0,726
11	0,800	0,255	0,204
12	1,220	0,388	0,474
13	1,410	0,449	0,633
14	1,730	0,551	0,953
15	1,190	0,379	0,451
16	1,310	0,417	0,546
17	0,870	0,277	0,241
18	1,410	0,449	0,633
19	1,150	0,366	0,421
20	1,350	0,430	0,580
21	1,310	0,417	0,546
22	1,510	0,481	0,726
23	1,410	0,449	0,633
24	1,350	0,430	0,580
25	1,510	0,481	0,726
26	1,120	0,357	0,399
27	1,120	0,357	0,399
28	1,470	0,468	0,688
29	1,380	0,439	0,606
30	1,190	0,379	0,451
31	1,060	0,337	0,358
32	1,920	0,611	1,173
33	1,890	0,602	1,137
34	1,410	0,449	0,633
35	1,510	0,481	0,726
36	1,540	0,490	0,755
37	1,350	0,430	0,580
38	1,310	0,417	0,546
39	2,020	0,643	1,299
40	0,990	0,315	0,312
41	1,890	0,602	1,137
42	1,570	0,500	0,785
43	1,440	0,458	0,660
44	1,540	0,490	0,755
45	1,890	0,602	1,137
46	1,510	0,481	0,726
47	1,060	0,337	0,358
48	1,250	0,398	0,497
49	1,920	0,611	1,173
50	1,600	0,509	0,815
51	1,470	0,468	0,688
52	1,540	0,490	0,755
53	0,930	0,296	0,275
54	1,990	0,633	1,261
55	1,570	0,500	0,785
56	1,380	0,439	0,606
57	1,600	0,509	0,815
58	1,380	0,439	0,606
59	1,310	0,417	0,546
60	1,570	0,500	0,785
61	1,220	0,388	0,474
62	1,150	0,366	0,421
63	1,440	0,458	0,660
64	1,510	0,481	0,726
65	1,120	0,357	0,399
66	1,670	0,532	0,888
67	1,410	0,449	0,633
68	1,310	0,417	0,546
69	1,890	0,602	1,137
70	1,280	0,407	0,522
71	1,410	0,449	0,633
72	1,220	0,388	0,474
73	1,380	0,439	0,606
74	1,730	0,551	0,953
75	0,960	0,306	0,293
76	1,190	0,379	0,451
77	1,640	0,522	0,856
78	1,600	0,509	0,815
79	1,960	0,624	1,223
80	1,540	0,490	0,755
81	1,310	0,417	0,546
82	1,960	0,624	1,223
83	1,960	0,624	1,223
84	1,670	0,532	0,888

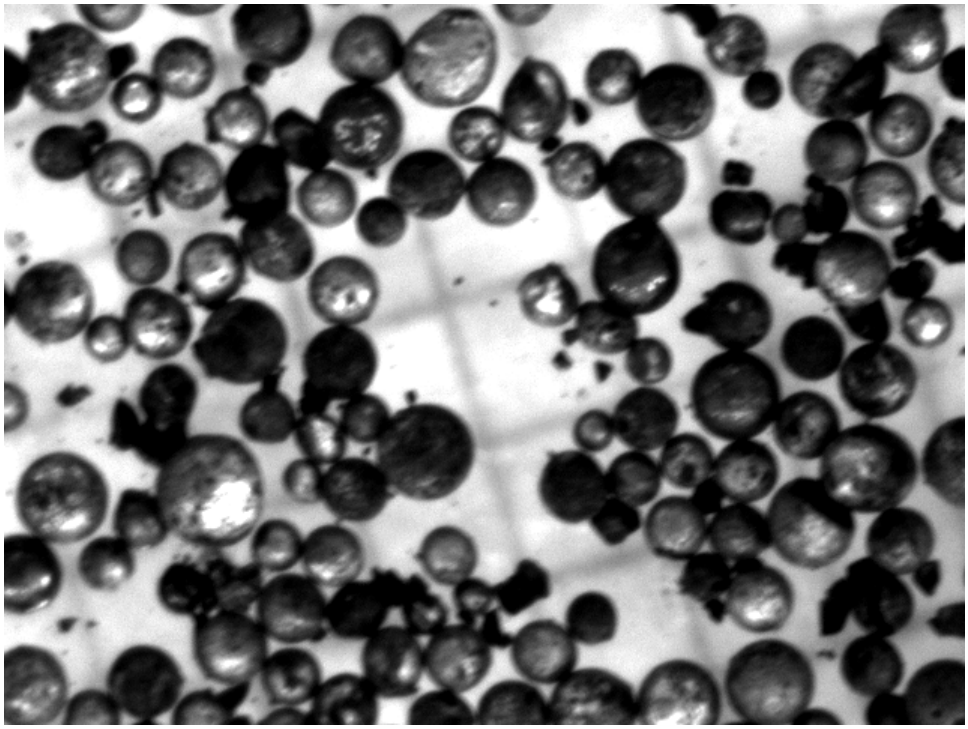


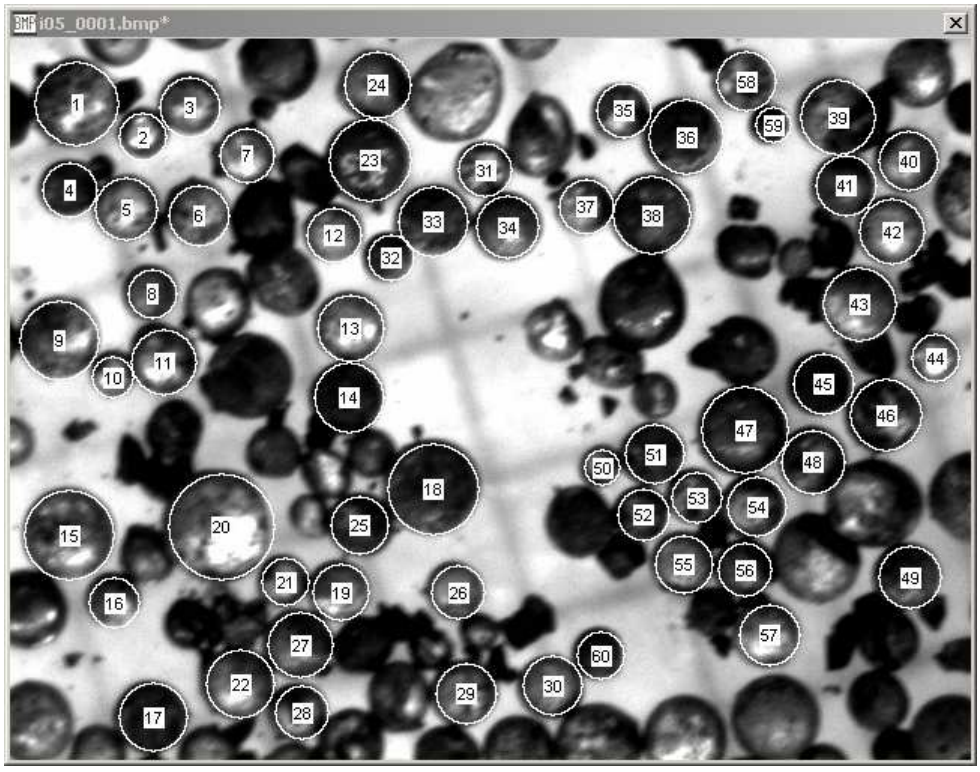

i04_0001.bmp*

Results

	Length
1.	1.44
2.	1.38
3.	1.09
4.	1.19
5.	1.22
6.	1.31
7.	1.57
8.	1.80
9.	1.92
10.	1.19
11.	1.38
12.	1.31
13.	0.96
14.	1.15
15.	1.73
16.	1.38
17.	1.54
18.	1.22
19.	1.06
20.	1.47
21.	1.25
22.	1.54
23.	1.25
24.	0.93
25.	1.38
26.	1.64
27.	1.67
28.	1.22
29.	1.31
30.	1.22
31.	1.35
32.	1.47
33.	1.15
34.	1.06
35.	0.80
36.	1.60
37.	0.96
38.	1.38
39.	1.06
40.	0.80
41.	1.47
42.	1.03
43.	1.57
44.	0.90
45.	1.38
46.	1.44
47.	1.09
48.	1.80
49.	1.15
50.	1.15
51.	1.09
52.	1.22
53.	1.57
54.	1.35
55.	1.60
56.	1.83
57.	1.03
58.	1.44
59.	0.96
60.	1.38
61.	1.44
62.	1.41
63.	1.28
64.	1.89
65.	1.57
66.	1.15
67.	1.22
68.	1.31
69.	1.25
70.	1.47
71.	1.35
72.	1.31
73.	1.09
74.	1.47
75.	1.28
76.	1.22
77.	1.54

	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,440	0,458	0,660
2	1,380	0,439	0,606
3	1,090	0,347	0,378
4	1,190	0,379	0,451
5	1,220	0,388	0,474
6	1,310	0,417	0,546
7	1,570	0,500	0,785
8	1,800	0,573	1,031
9	1,920	0,611	1,173
10	1,190	0,379	0,451
11	1,380	0,439	0,606
12	1,310	0,417	0,546
13	0,960	0,306	0,293
14	1,150	0,366	0,421
15	1,730	0,551	0,953
16	1,380	0,439	0,606
17	1,540	0,490	0,755
18	1,220	0,388	0,474
19	1,060	0,337	0,358
20	1,470	0,468	0,688
21	1,250	0,398	0,497
22	1,540	0,490	0,755
23	1,250	0,398	0,497
24	0,930	0,296	0,275
25	1,380	0,439	0,606
26	1,640	0,522	0,856
27	1,670	0,532	0,888
28	1,220	0,388	0,474
29	1,310	0,417	0,546
30	1,220	0,388	0,474
31	1,350	0,430	0,580
32	1,470	0,468	0,688
33	1,150	0,366	0,421
34	1,060	0,337	0,358
35	0,800	0,255	0,204
36	1,600	0,509	0,815
37	0,960	0,306	0,293
38	1,380	0,439	0,606
39	1,060	0,337	0,358
40	0,800	0,255	0,204
41	1,470	0,468	0,688
42	1,030	0,328	0,338
43	1,570	0,500	0,785
44	0,900	0,286	0,258
45	1,380	0,439	0,606
46	1,440	0,458	0,660
47	1,090	0,347	0,378
48	1,800	0,573	1,031
49	1,150	0,366	0,421
50	1,150	0,366	0,421
51	1,090	0,347	0,378
52	1,220	0,388	0,474
53	1,570	0,500	0,785
54	1,350	0,430	0,580
55	1,600	0,509	0,815
56	1,830	0,583	1,066
57	1,030	0,328	0,338
58	1,440	0,458	0,660
59	0,960	0,306	0,293
60	1,380	0,439	0,606
61	1,440	0,458	0,660
62	1,410	0,449	0,633
63	1,280	0,407	0,522
64	1,890	0,602	1,137
65	1,570	0,500	0,785
66	1,150	0,366	0,421
67	1,220	0,388	0,474
68	1,310	0,417	0,546
69	1,250	0,398	0,497
70	1,470	0,468	0,688
71	1,350	0,430	0,580
72	1,310	0,417	0,546
73	1,090	0,347	0,378
74	1,470	0,468	0,688
75	1,280	0,407	0,522
76	1,220	0,388	0,474
77	1,540	0,490	0,755

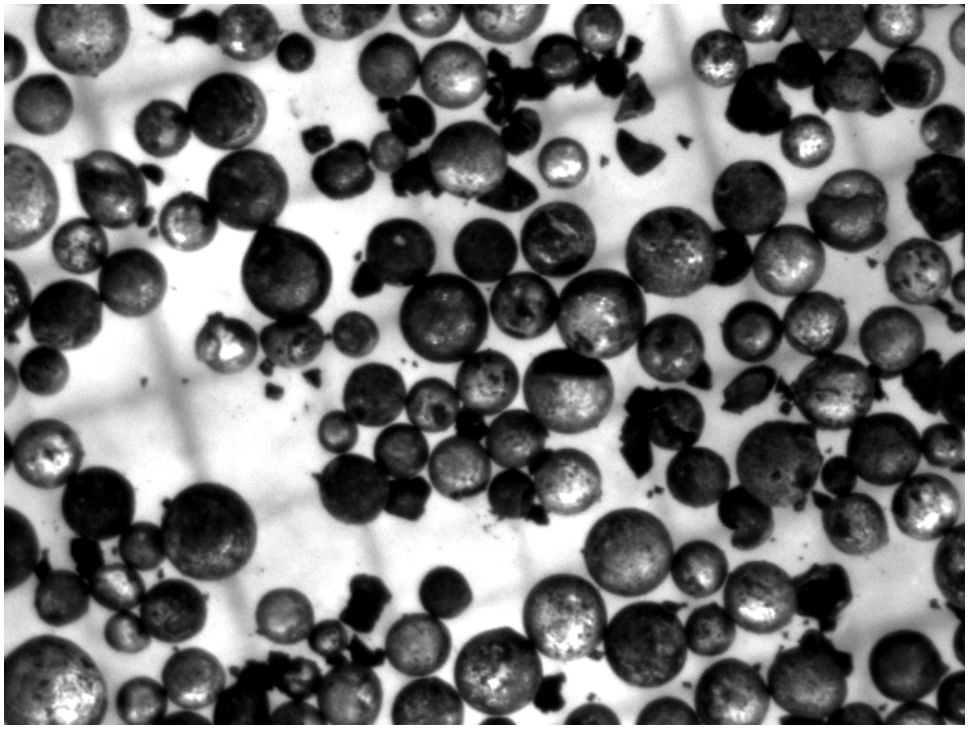


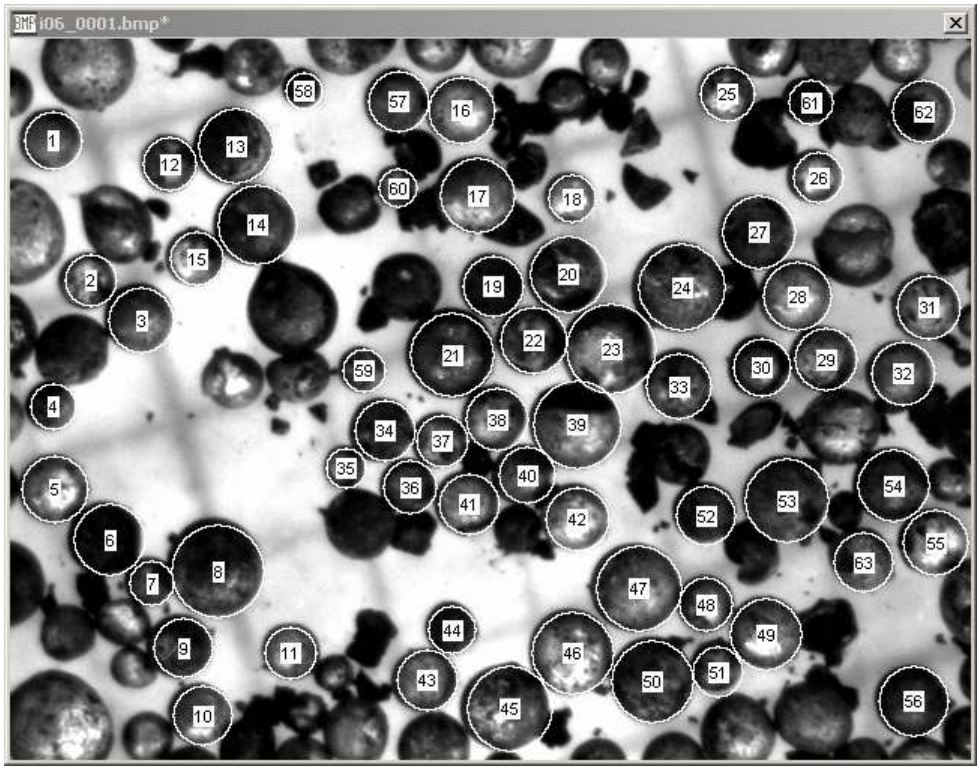

i05_0001.bmp*

Results

	Length
1.	1.86
2.	1.09
3.	1.38
4.	1.25
5.	1.41
6.	1.38
7.	1.25
8.	1.12
9.	1.76
10.	0.96
11.	1.47
12.	1.25
13.	1.51
14.	1.57
15.	1.99
16.	1.15
17.	1.54
18.	2.02
19.	1.28
20.	2.34
21.	1.09
22.	1.54
23.	1.83
24.	1.51
25.	1.31
26.	1.22
27.	1.47
28.	1.22
29.	1.38
30.	1.35
31.	1.22
32.	1.06
33.	1.57
34.	1.41
35.	1.25
36.	1.67
37.	1.25
38.	1.73
39.	1.67
40.	1.35
41.	1.38
42.	1.47
43.	1.64
44.	1.09
45.	1.38
46.	1.60
47.	1.92
48.	1.44
49.	1.41
50.	0.83
51.	1.35
52.	1.19
53.	1.15
54.	1.35
55.	1.31
56.	1.22
57.	1.38
58.	1.35
59.	0.83
60.	1.09

	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,860	0,592	1,101
2	1,090	0,347	0,378
3	1,380	0,439	0,606
4	1,250	0,398	0,497
5	1,410	0,449	0,633
6	1,380	0,439	0,606
7	1,250	0,398	0,497
8	1,120	0,357	0,399
9	1,760	0,560	0,986
10	0,960	0,306	0,293
11	1,470	0,468	0,688
12	1,250	0,398	0,497
13	1,510	0,481	0,726
14	1,570	0,500	0,785
15	1,990	0,633	1,261
16	1,150	0,366	0,421
17	1,540	0,490	0,755
18	2,020	0,643	1,299
19	1,280	0,407	0,522
20	2,340	0,745	1,743
21	1,090	0,347	0,378
22	1,540	0,490	0,755
23	1,830	0,583	1,066
24	1,510	0,481	0,726
25	1,310	0,417	0,546
26	1,220	0,388	0,474
27	1,470	0,468	0,688
28	1,220	0,388	0,474
29	1,380	0,439	0,606
30	1,350	0,430	0,580
31	1,220	0,388	0,474
32	1,060	0,337	0,358
33	1,570	0,500	0,785
34	1,410	0,449	0,633
35	1,250	0,398	0,497
36	1,670	0,532	0,888
37	1,250	0,398	0,497
38	1,730	0,551	0,953
39	1,670	0,532	0,888
40	1,350	0,430	0,580
41	1,380	0,439	0,606
42	1,470	0,468	0,688
43	1,640	0,522	0,856
44	1,090	0,347	0,378
45	1,380	0,439	0,606
46	1,600	0,509	0,815
47	1,920	0,611	1,173
48	1,440	0,458	0,660
49	1,410	0,449	0,633
50	0,830	0,264	0,219
51	1,350	0,430	0,580
52	1,190	0,379	0,451
53	1,150	0,366	0,421
54	1,350	0,430	0,580
55	1,310	0,417	0,546
56	1,220	0,388	0,474
57	1,380	0,439	0,606
58	1,350	0,430	0,580
59	0,830	0,264	0,219
60	1,090	0,347	0,378

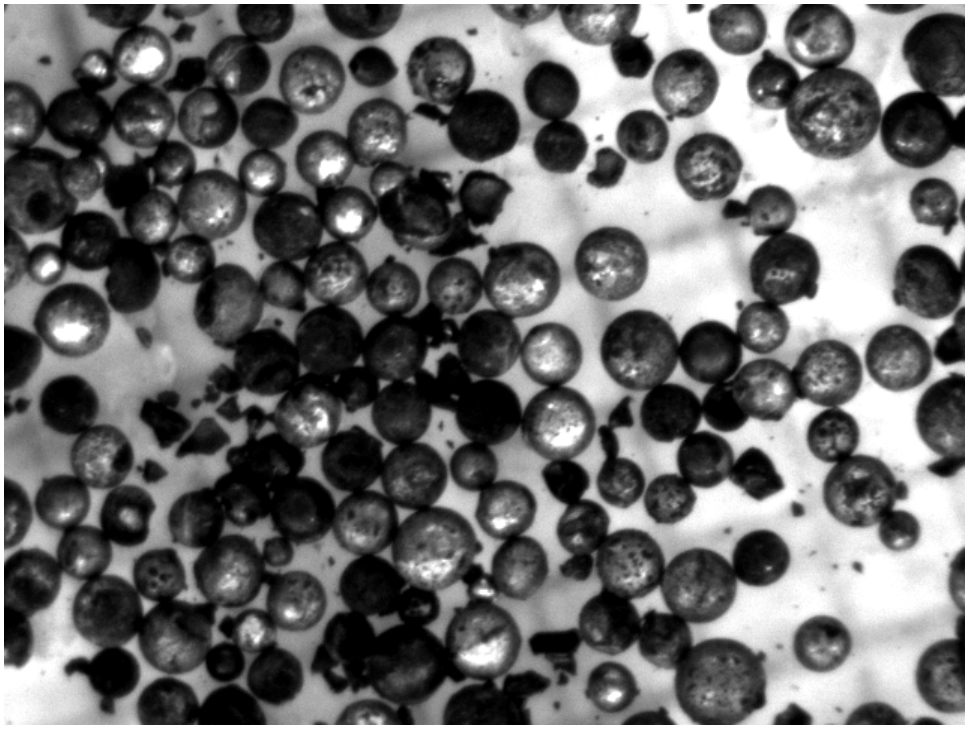


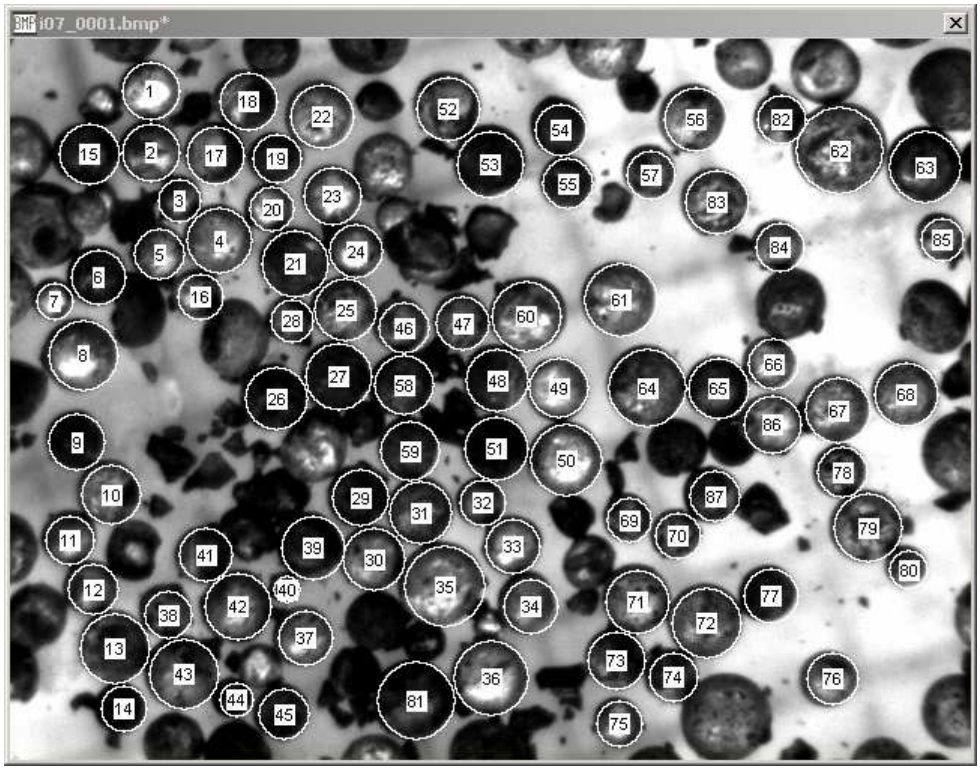

i06_0001.bmp*

Results

	Length
1.	1.31
2.	1.19
3.	1.47
4.	1.06
5.	1.51
6.	1.60
7.	1.03
8.	2.05
9.	1.35
10.	1.35
11.	1.19
12.	1.22
13.	1.67
14.	1.76
15.	1.22
16.	1.51
17.	1.67
18.	1.09
19.	1.38
20.	1.70
21.	1.86
22.	1.51
23.	1.99
24.	1.92
25.	1.25
26.	1.15
27.	1.64
28.	1.54
29.	1.41
30.	1.31
31.	1.44
32.	1.44
33.	1.47
34.	1.38
35.	0.93
36.	1.22
37.	1.19
38.	1.41
39.	1.96
40.	1.28
41.	1.38
42.	1.44
43.	1.38
44.	1.09
45.	1.89
46.	1.83
47.	1.89
48.	1.22
49.	1.60
50.	1.83
51.	1.15
52.	1.35
53.	1.86
54.	1.60
55.	1.47
56.	1.57
57.	1.38
58.	0.87
59.	0.99
60.	0.90
61.	1.03
62.	1.41
63.	1.35

	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,310	0,417	0,546
2	1,190	0,379	0,451
3	1,470	0,468	0,688
4	1,060	0,337	0,358
5	1,510	0,481	0,726
6	1,600	0,509	0,815
7	1,030	0,328	0,338
8	2,050	0,653	1,338
9	1,350	0,430	0,580
10	1,350	0,430	0,580
11	1,190	0,379	0,451
12	1,220	0,388	0,474
13	1,670	0,532	0,888
14	1,760	0,560	0,986
15	1,220	0,388	0,474
16	1,510	0,481	0,726
17	1,670	0,532	0,888
18	1,090	0,347	0,378
19	1,380	0,439	0,606
20	1,700	0,541	0,920
21	1,860	0,592	1,101
22	1,510	0,481	0,726
23	1,990	0,633	1,261
24	1,920	0,611	1,173
25	1,250	0,398	0,497
26	1,150	0,366	0,421
27	1,640	0,522	0,856
28	1,540	0,490	0,755
29	1,410	0,449	0,633
30	1,310	0,417	0,546
31	1,440	0,458	0,660
32	1,440	0,458	0,660
33	1,470	0,468	0,688
34	1,380	0,439	0,606
35	0,930	0,296	0,275
36	1,220	0,388	0,474
37	1,190	0,379	0,451
38	1,410	0,449	0,633
39	1,960	0,624	1,223
40	1,280	0,407	0,522
41	1,380	0,439	0,606
42	1,440	0,458	0,660
43	1,380	0,439	0,606
44	1,090	0,347	0,378
45	1,890	0,602	1,137
46	1,830	0,583	1,066
47	1,890	0,602	1,137
48	1,220	0,388	0,474
49	1,600	0,509	0,815
50	1,830	0,583	1,066
51	1,150	0,366	0,421
52	1,350	0,430	0,580
53	1,860	0,592	1,101
54	1,600	0,509	0,815
55	1,470	0,468	0,688
56	1,570	0,500	0,785
57	1,380	0,439	0,606
58	0,870	0,277	0,241
59	0,990	0,315	0,312
60	0,900	0,286	0,258
61	1,030	0,328	0,338
62	1,410	0,449	0,633
63	1,350	0,430	0,580

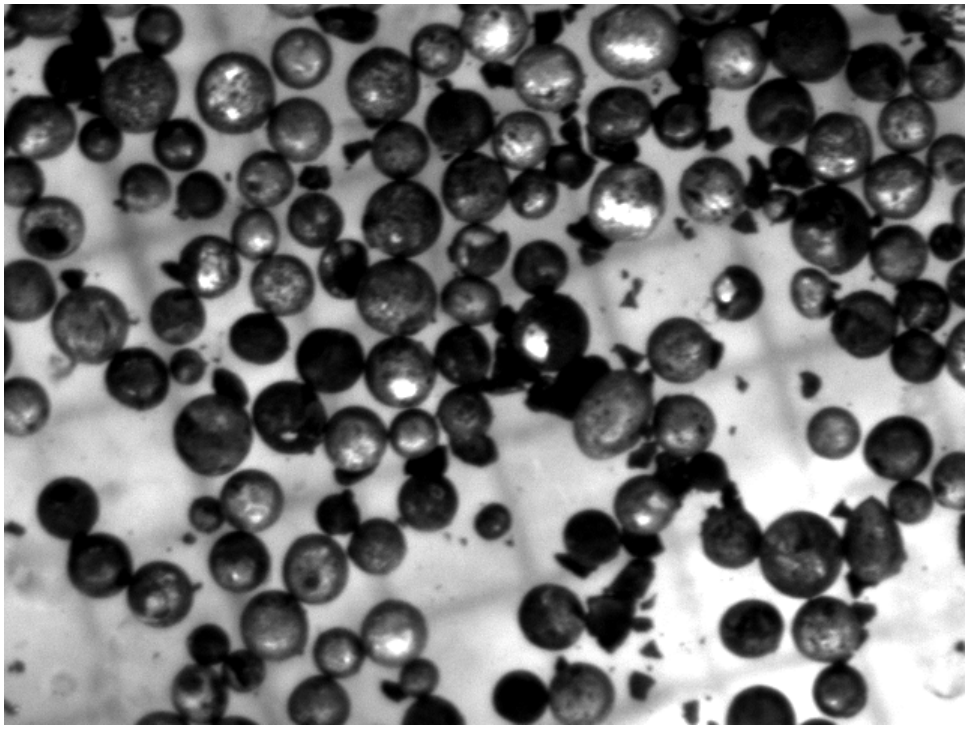


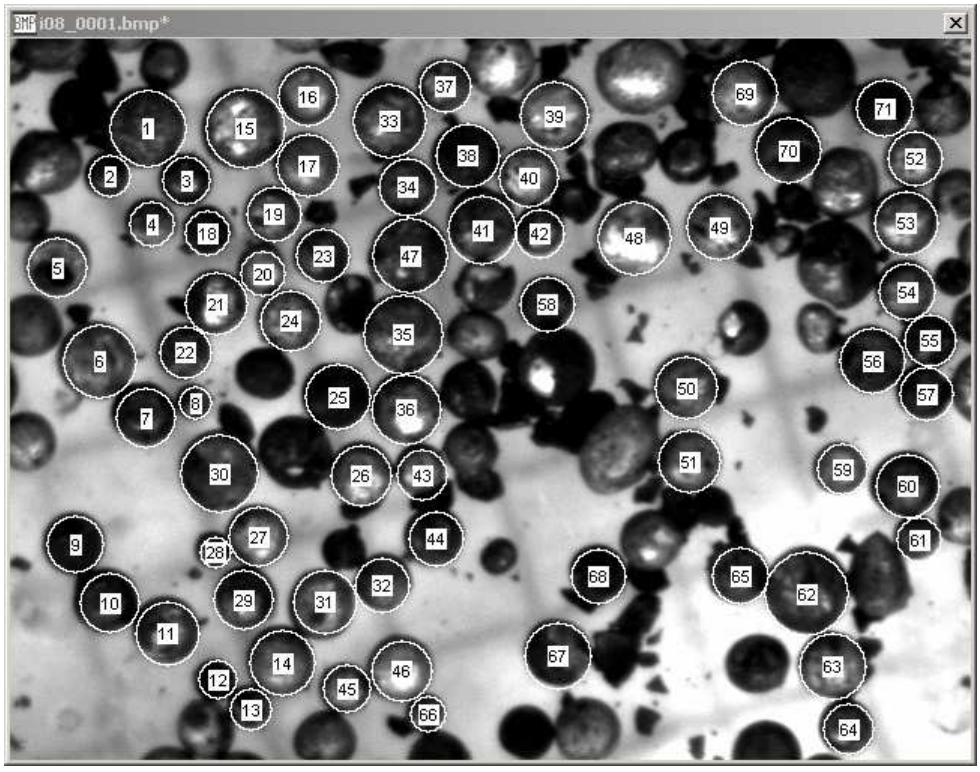

i07_0001.bmp*

Results

	Length
1.	1.31
2.	1.31
3.	0.99
4.	1.47
5.	1.15
6.	1.25
7.	0.87
8.	1.57
9.	1.28
10.	1.35
11.	1.12
12.	1.15
13.	1.57
14.	1.06
15.	1.38
16.	1.06
17.	1.31
18.	1.31
19.	1.12
20.	1.03
21.	1.51
22.	1.44
23.	1.31
24.	1.22
25.	1.41
26.	1.41
27.	1.51
28.	0.99
29.	1.28
30.	1.41
31.	1.41
32.	1.06
33.	1.25
34.	1.25
35.	1.80
36.	1.67
37.	1.25
38.	1.09
39.	1.44
40.	0.64
41.	1.22
42.	1.51
43.	1.57
44.	0.80
45.	1.15
46.	1.15
47.	1.22
48.	1.41
49.	1.35
50.	1.60
51.	1.44
52.	1.44
53.	1.51
54.	1.19
55.	1.15
56.	1.44
57.	1.12
58.	1.35
59.	1.35
60.	1.57
61.	1.64
62.	1.92
63.	1.60
64.	1.73
65.	1.38
66.	1.15
67.	1.47
68.	1.44
69.	1.03
70.	1.06
71.	1.44
72.	1.57
73.	1.31
74.	1.12
75.	1.06
76.	1.19
77.	1.25
78.	1.15
79.	1.54
80.	0.90
81.	1.73
82.	1.12
83.	1.44
84.	1.12
85.	0.99
86.	1.31
87.	1.15

	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,310	0,417	0,546
2	1,310	0,417	0,546
3	0,990	0,315	0,312
4	1,470	0,468	0,688
5	1,150	0,366	0,421
6	1,250	0,398	0,497
7	0,870	0,277	0,241
8	1,570	0,500	0,785
9	1,280	0,407	0,522
10	1,350	0,430	0,580
11	1,120	0,357	0,399
12	1,150	0,366	0,421
13	1,570	0,500	0,785
14	1,060	0,337	0,358
15	1,380	0,439	0,606
16	1,060	0,337	0,358
17	1,310	0,417	0,546
18	1,310	0,417	0,546
19	1,120	0,357	0,399
20	1,030	0,328	0,338
21	1,510	0,481	0,726
22	1,440	0,458	0,660
23	1,310	0,417	0,546
24	1,220	0,388	0,474
25	1,410	0,449	0,633
26	1,410	0,449	0,633
27	1,510	0,481	0,726
28	0,990	0,315	0,312
29	1,280	0,407	0,522
30	1,410	0,449	0,633
31	1,410	0,449	0,633
32	1,060	0,337	0,358
33	1,250	0,398	0,497
34	1,250	0,398	0,497
35	1,800	0,573	1,031
36	1,670	0,532	0,888
37	1,250	0,398	0,497
38	1,090	0,347	0,378
39	1,440	0,458	0,660
40	0,640	0,204	0,130
41	1,220	0,388	0,474
42	1,510	0,481	0,726
43	1,570	0,500	0,785
44	0,800	0,255	0,204
45	1,150	0,366	0,421
46	1,150	0,366	0,421
47	1,220	0,388	0,474
48	1,410	0,449	0,633
49	1,350	0,430	0,580
50	1,600	0,509	0,815
51	1,440	0,458	0,660
52	1,440	0,458	0,660
53	1,510	0,481	0,726
54	1,190	0,379	0,451
55	1,150	0,366	0,421
56	1,440	0,458	0,660
57	1,120	0,357	0,399
58	1,350	0,430	0,580
59	1,350	0,430	0,580
60	1,570	0,500	0,785
61	1,640	0,522	0,856
62	1,920	0,611	1,173
63	1,600	0,509	0,815
64	1,730	0,551	0,953
65	1,380	0,439	0,606
66	1,150	0,366	0,421
67	1,470	0,468	0,688
68	1,440	0,458	0,660
69	1,030	0,328	0,338
70	1,060	0,337	0,358
71	1,440	0,458	0,660
72	1,570	0,500	0,785
73	1,310	0,417	0,546
74	1,120	0,357	0,399
75	1,060	0,337	0,358
76	1,190	0,379	0,451
77	1,250	0,398	0,497
78	1,150	0,366	0,421
79	1,540	0,490	0,755
80	0,900	0,286	0,258
81	1,730	0,551	0,953
82	1,120	0,357	0,399
83	1,440	0,458	0,660
84	1,120	0,357	0,399
85	0,990	0,315	0,312
86	1,310	0,417	0,546
87	1,150	0,366	0,421

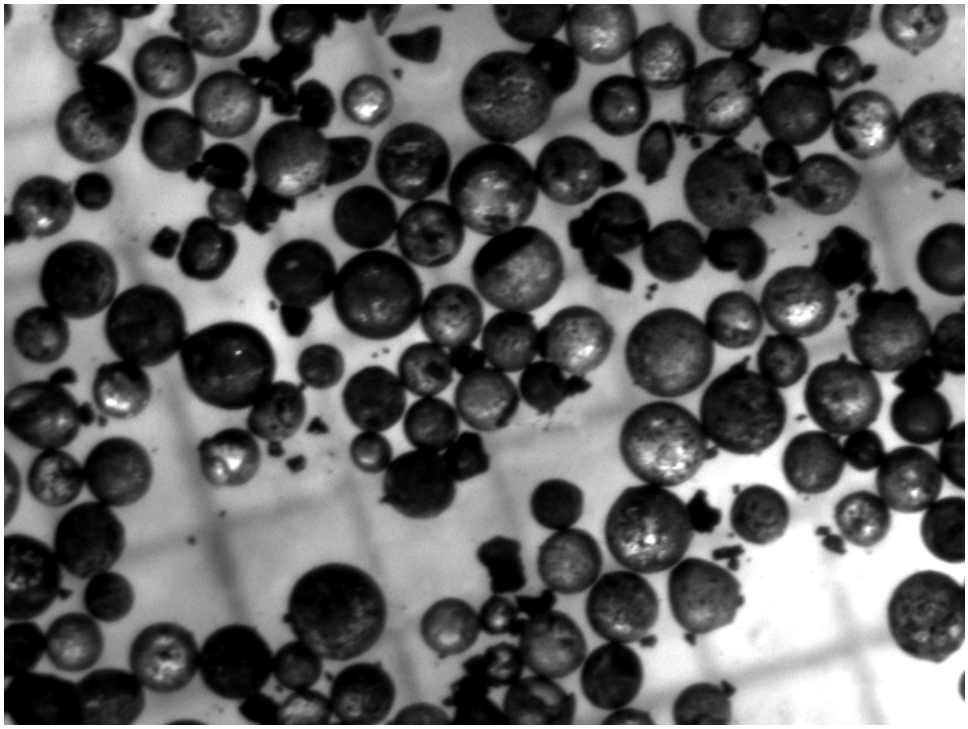



i08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71

Results

	Length
1.	1.70
2.	0.96
3.	1.09
4.	1.03
5.	1.35
6.	1.64
7.	1.35
8.	0.77
9.	1.28
10.	1.35
11.	1.44
12.	0.90
13.	0.96
14.	1.47
15.	1.76
16.	1.35
17.	1.41
18.	1.03
19.	1.25
20.	1.03
21.	1.41
22.	1.19
23.	1.22
24.	1.38
25.	1.47
26.	1.38
27.	1.35
28.	0.74
29.	1.35
30.	1.73
31.	1.44
32.	1.25
33.	1.64
34.	1.31
35.	1.76
36.	1.57
37.	1.19
38.	1.44
39.	1.54
40.	1.35
41.	1.54
42.	1.12
43.	1.15
44.	1.25
45.	1.09
46.	1.38
47.	1.67
48.	1.64
49.	1.47
50.	1.41
51.	1.41
52.	1.25
53.	1.44
54.	1.28
55.	1.19
56.	1.47
57.	1.22
58.	1.25
59.	1.15
60.	1.44
61.	1.03
62.	1.86
63.	1.51
64.	1.15
65.	1.28
66.	0.83
67.	1.51
68.	1.25
69.	1.47
70.	1.47
71.	1.28

	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,700	0,541	0,920
2	0,960	0,306	0,293
3	1,090	0,347	0,378
4	1,030	0,328	0,338
5	1,350	0,430	0,580
6	1,640	0,522	0,856
7	1,350	0,430	0,580
8	0,770	0,245	0,189
9	1,280	0,407	0,522
10	1,350	0,430	0,580
11	1,440	0,458	0,660
12	0,900	0,286	0,258
13	0,960	0,306	0,293
14	1,470	0,468	0,688
15	1,760	0,560	0,986
16	1,350	0,430	0,580
17	1,410	0,449	0,633
18	1,030	0,328	0,338
19	1,250	0,398	0,497
20	1,030	0,328	0,338
21	1,410	0,449	0,633
22	1,190	0,379	0,451
23	1,220	0,388	0,474
24	1,380	0,439	0,606
25	1,470	0,468	0,688
26	1,380	0,439	0,606
27	1,350	0,430	0,580
28	0,740	0,236	0,174
29	1,350	0,430	0,580
30	1,730	0,551	0,953
31	1,440	0,458	0,660
32	1,250	0,398	0,497
33	1,640	0,522	0,856
34	1,310	0,417	0,546
35	1,760	0,560	0,986
36	1,570	0,500	0,785
37	1,190	0,379	0,451
38	1,440	0,458	0,660
39	1,540	0,490	0,755
40	1,350	0,430	0,580
41	1,540	0,490	0,755
42	1,120	0,357	0,399
43	1,150	0,366	0,421
44	1,250	0,398	0,497
45	1,090	0,347	0,378
46	1,380	0,439	0,606
47	1,670	0,532	0,888
48	1,640	0,522	0,856
49	1,470	0,468	0,688
50	1,410	0,449	0,633
51	1,410	0,449	0,633
52	1,250	0,398	0,497
53	1,440	0,458	0,660
54	1,280	0,407	0,522
55	1,190	0,379	0,451
56	1,470	0,468	0,688
57	1,220	0,388	0,474
58	1,250	0,398	0,497
59	1,150	0,366	0,421
60	1,440	0,458	0,660
61	1,030	0,328	0,338
62	1,860	0,592	1,101
63	1,510	0,481	0,726
64	1,150	0,366	0,421
65	1,280	0,407	0,522
66	0,830	0,264	0,219
67	1,510	0,481	0,726
68	1,250	0,398	0,497
69	1,470	0,468	0,688
70	1,470	0,468	0,688
71	1,280	0,407	0,522

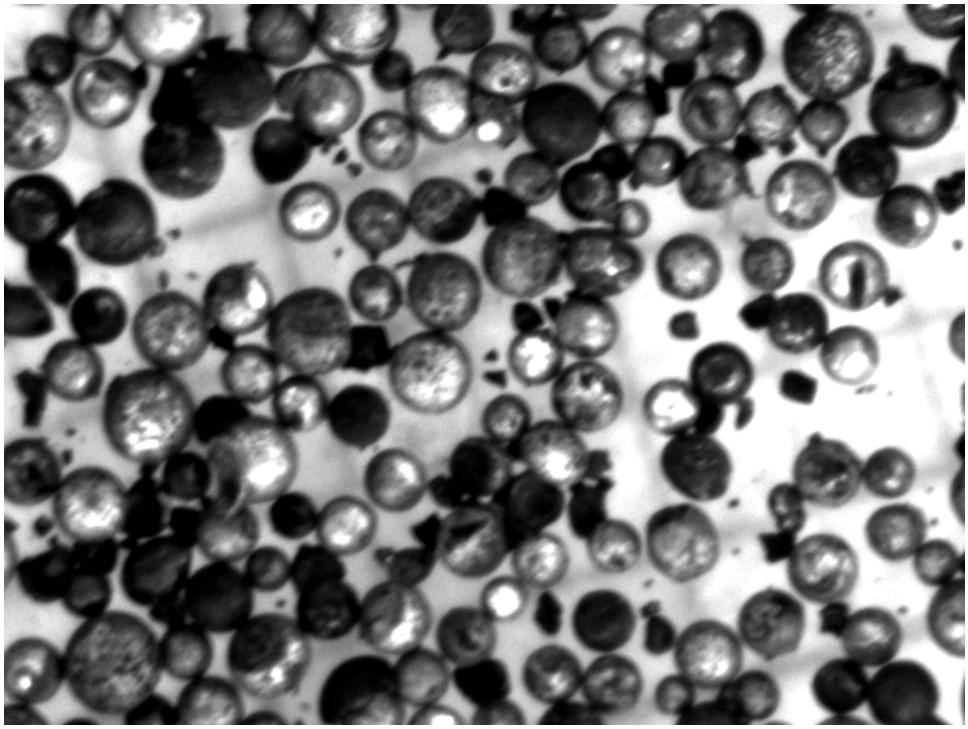


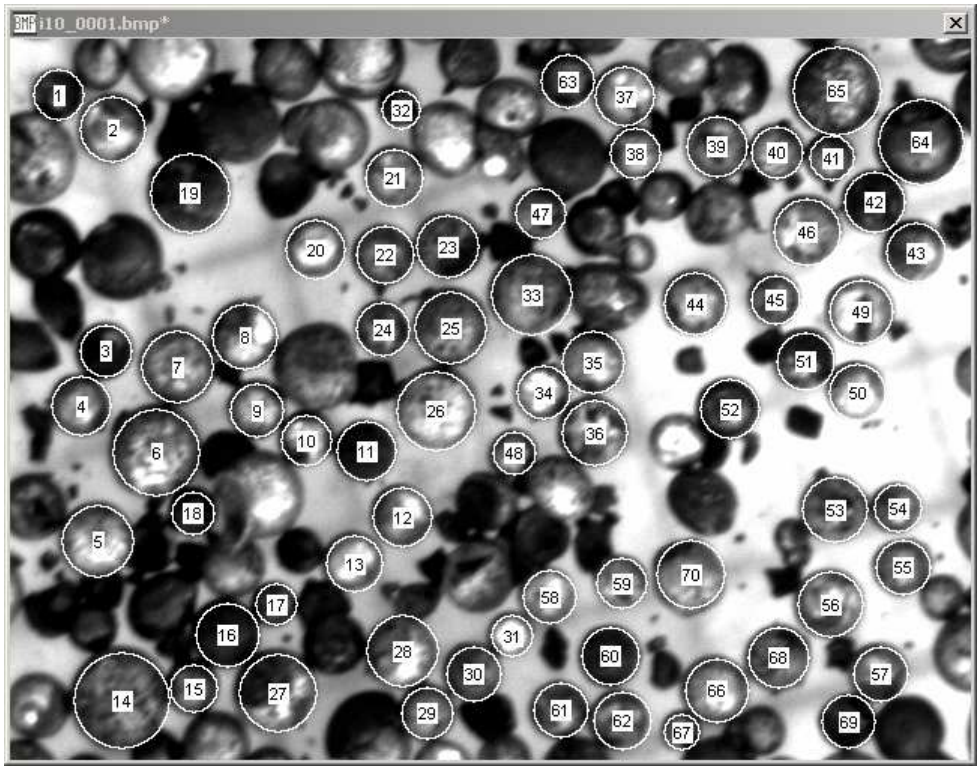

i09_0001.bmp*

Results

	Length
1.	1.38
2.	1.51
3.	1.38
4.	1.35
5.	0.83
6.	1.64
7.	1.22
8.	1.76
9.	1.28
10.	1.25
11.	1.47
12.	1.06
13.	1.22
14.	1.47
15.	1.60
16.	1.67
17.	1.64
18.	1.12
19.	1.64
20.	1.38
21.	1.96
22.	1.44
23.	1.03
24.	1.38
25.	0.93
26.	2.08
27.	1.09
28.	1.25
29.	0.87
30.	2.02
31.	1.38
32.	1.47
33.	1.60
34.	1.64
35.	0.96
36.	1.54
37.	1.89
38.	1.44
39.	1.35
40.	1.15
41.	1.19
42.	1.38
43.	1.28
44.	1.86
45.	1.44
46.	1.80
47.	1.35
48.	1.25
49.	1.89
50.	1.57
51.	1.12
52.	1.83
53.	1.92
54.	1.38
55.	1.54
56.	1.35
57.	1.86
58.	1.25
59.	1.67
60.	1.31
61.	1.44
62.	1.15
63.	1.35
64.	1.25

	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,380	0,439	0,606
2	1,510	0,481	0,726
3	1,380	0,439	0,606
4	1,350	0,430	0,580
5	0,830	0,264	0,219
6	1,640	0,522	0,856
7	1,220	0,388	0,474
8	1,760	0,560	0,986
9	1,280	0,407	0,522
10	1,250	0,398	0,497
11	1,470	0,468	0,688
12	1,060	0,337	0,358
13	1,220	0,388	0,474
14	1,470	0,468	0,688
15	1,600	0,509	0,815
16	1,670	0,532	0,888
17	1,640	0,522	0,856
18	1,120	0,357	0,399
19	1,640	0,522	0,856
20	1,380	0,439	0,606
21	1,960	0,624	1,223
22	1,440	0,458	0,660
23	1,030	0,328	0,338
24	1,380	0,439	0,606
25	0,930	0,296	0,275
26	2,080	0,662	1,377
27	1,090	0,347	0,378
28	1,250	0,398	0,497
29	0,870	0,277	0,241
30	2,020	0,643	1,299
31	1,380	0,439	0,606
32	1,470	0,468	0,688
33	1,600	0,509	0,815
34	1,640	0,522	0,856
35	0,960	0,306	0,293
36	1,540	0,490	0,755
37	1,890	0,602	1,137
38	1,440	0,458	0,660
39	1,350	0,430	0,580
40	1,150	0,366	0,421
41	1,190	0,379	0,451
42	1,380	0,439	0,606
43	1,280	0,407	0,522
44	1,860	0,592	1,101
45	1,440	0,458	0,660
46	1,800	0,573	1,031
47	1,350	0,430	0,580
48	1,250	0,398	0,497
49	1,890	0,602	1,137
50	1,570	0,500	0,785
51	1,120	0,357	0,399
52	1,830	0,583	1,066
53	1,920	0,611	1,173
54	1,380	0,439	0,606
55	1,540	0,490	0,755
56	1,350	0,430	0,580
57	1,860	0,592	1,101
58	1,250	0,398	0,497
59	1,670	0,532	0,888
60	1,310	0,417	0,546
61	1,440	0,458	0,660
62	1,150	0,366	0,421
63	1,350	0,430	0,580
64	1,250	0,398	0,497




i10_0001.bmp*
1
2
19
32
21
63
37
38
39
40
41
65
64
42
47
46
43
20
22
23
33
44
45
49
24
25
8
3
7
35
51
50
4
9
26
34
52
10
11
36
48
6
18
12
53
54
5
13
59
70
55
58
56
17
16
31
28
60
68
57
30
66
14
15
27
29
61
62
67
69

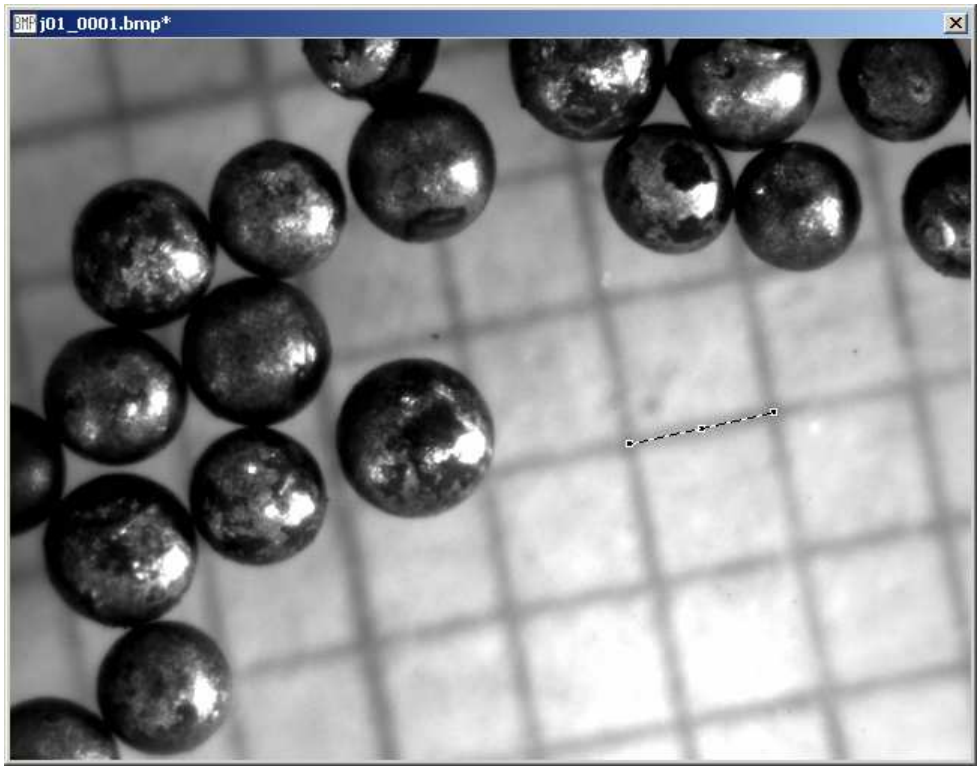
Results

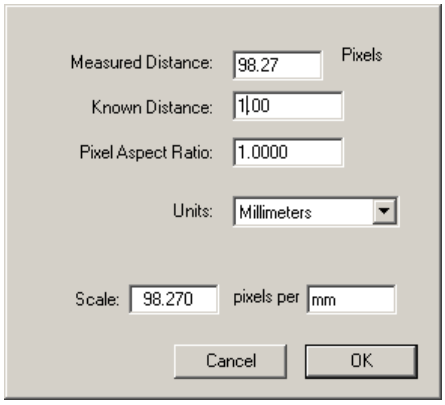
	Length
1.	1.15
2.	1.47
3.	1.19
4.	1.35
5.	1.60
6.	1.92
7.	1.60
8.	1.47
9.	1.22
10.	1.15
11.	1.35
12.	1.35
13.	1.28
14.	2.12
15.	1.09
16.	1.44
17.	0.96
18.	0.99
19.	1.76
20.	1.35
21.	1.31
22.	1.31
23.	1.41
24.	1.22
25.	1.60
26.	1.76
27.	1.73
28.	1.60
29.	1.19
30.	1.25
31.	0.96
32.	0.90
33.	1.80
34.	1.22
35.	1.41
36.	1.47
37.	1.35
38.	1.15
39.	1.38
40.	1.19
41.	1.03
42.	1.38
43.	1.35
44.	1.41
45.	1.12
46.	1.51
47.	1.15
48.	0.99
49.	1.44
50.	1.28
51.	1.31
52.	1.35
53.	1.47
54.	1.09
55.	1.25
56.	1.47
57.	1.25
58.	1.22
59.	1.15
60.	1.31
61.	1.25
62.	1.31
63.	1.22
64.	1.89
65.	1.96
66.	1.44
67.	0.83
68.	1.38
69.	1.22
70.	1.54

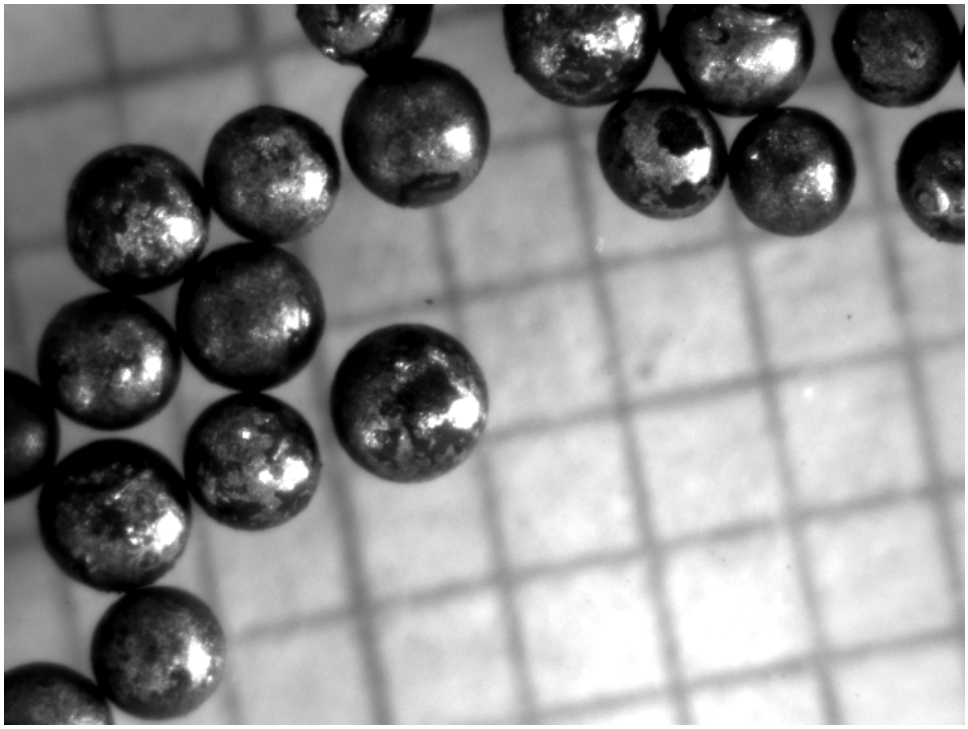
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	1,150	0,366	0,421
2	1,470	0,468	0,688
3	1,190	0,379	0,451
4	1,350	0,430	0,580
5	1,600	0,509	0,815
6	1,920	0,611	1,173
7	1,600	0,509	0,815
8	1,470	0,468	0,688
9	1,220	0,388	0,474
10	1,150	0,366	0,421
11	1,350	0,430	0,580
12	1,350	0,430	0,580
13	1,280	0,407	0,522
14	2,120	0,675	1,431
15	1,090	0,347	0,378
16	1,440	0,458	0,660
17	0,960	0,306	0,293
18	0,990	0,315	0,312
19	1,760	0,560	0,986
20	1,350	0,430	0,580
21	1,310	0,417	0,546
22	1,310	0,417	0,546
23	1,410	0,449	0,633
24	1,220	0,388	0,474
25	1,600	0,509	0,815
26	1,760	0,560	0,986
27	1,730	0,551	0,953
28	1,600	0,509	0,815
29	1,190	0,379	0,451
30	1,250	0,398	0,497
31	0,960	0,306	0,293
32	0,900	0,286	0,258
33	1,800	0,573	1,031
34	1,220	0,388	0,474
35	1,410	0,449	0,633
36	1,470	0,468	0,688
37	1,350	0,430	0,580
38	1,150	0,366	0,421
39	1,380	0,439	0,606
40	1,190	0,379	0,451
41	1,030	0,328	0,338
42	1,380	0,439	0,606
43	1,350	0,430	0,580
44	1,410	0,449	0,633
45	1,120	0,357	0,399
46	1,510	0,481	0,726
47	1,150	0,366	0,421
48	0,990	0,315	0,312
49	1,440	0,458	0,660
50	1,280	0,407	0,522
51	1,310	0,417	0,546
52	1,350	0,430	0,580
53	1,470	0,468	0,688
54	1,090	0,347	0,378
55	1,250	0,398	0,497
56	1,470	0,468	0,688
57	1,250	0,398	0,497
58	1,220	0,388	0,474
59	1,150	0,366	0,421
60	1,310	0,417	0,546
61	1,250	0,398	0,497
62	1,310	0,417	0,546
63	1,220	0,388	0,474
64	1,890	0,602	1,137
65	1,960	0,624	1,223
66	1,440	0,458	0,660
67	0,830	0,264	0,219
68	1,380	0,439	0,606
69	1,220	0,388	0,474
70	1,540	0,490	0,755

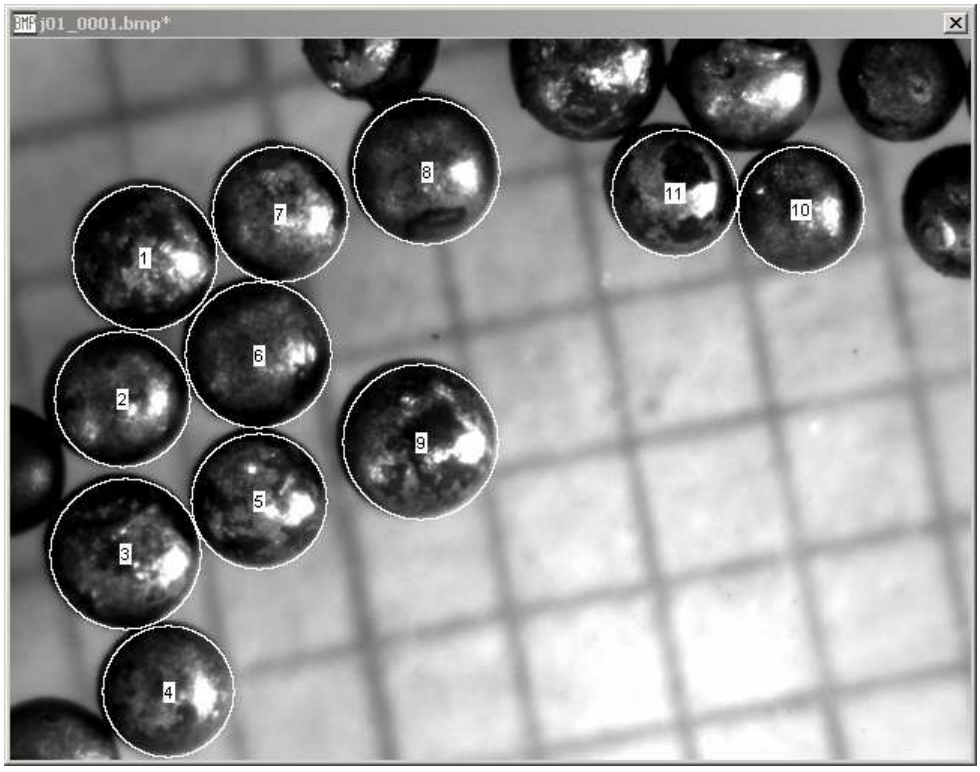
D.2 COPO 2 – ESFERAS DE FERRO DE GRANOLUMETRIA 0,80 – 1,20MM SEM TRATAMENTO INTERMÉDIO

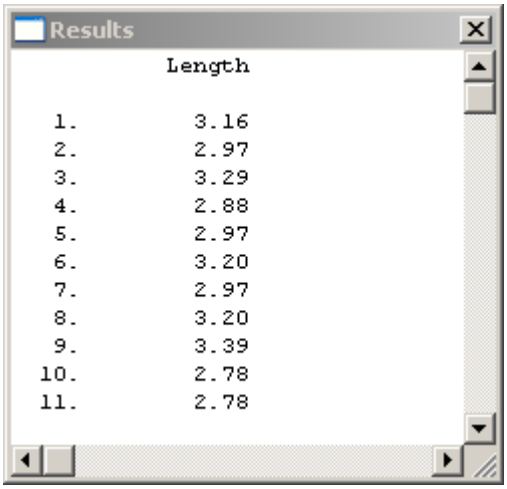
D.2.1 DIA 0 (21–ABRIL-2009)



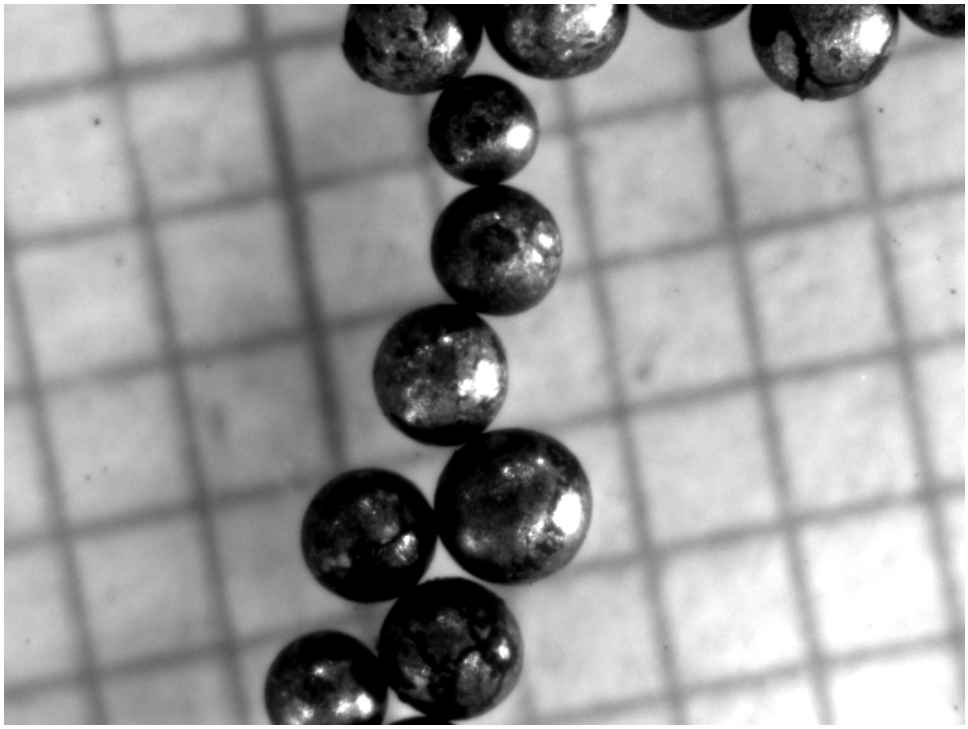




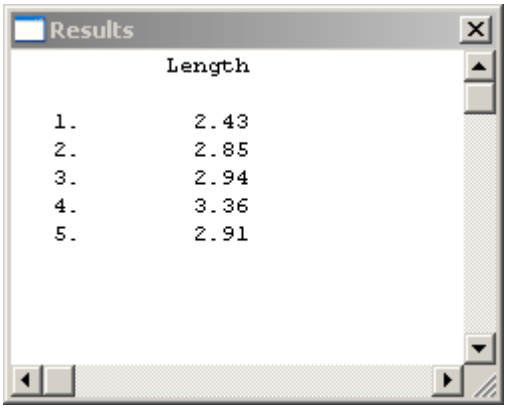

j01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11



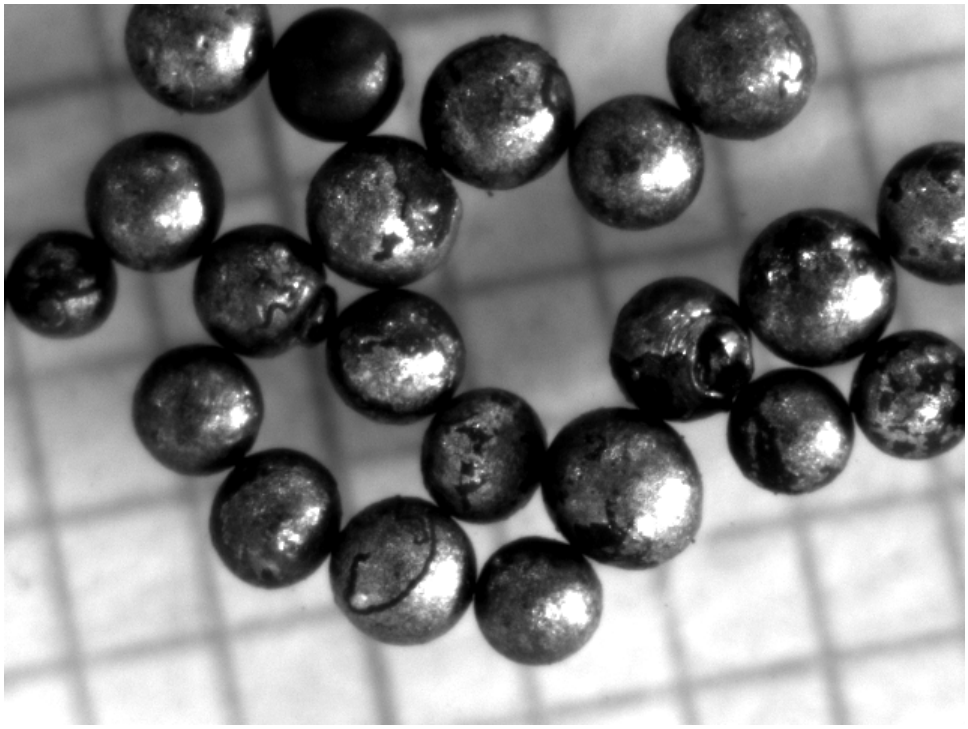
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,160	1,006	3,179
2	2,970	0,945	2,808
3	3,290	1,047	3,445
4	2,880	0,917	2,640
5	2,970	0,945	2,808
6	3,200	1,019	3,259
7	2,970	0,945	2,808
8	3,200	1,019	3,259
9	3,390	1,079	3,658
10	2,780	0,885	2,460
11	2,780	0,885	2,460

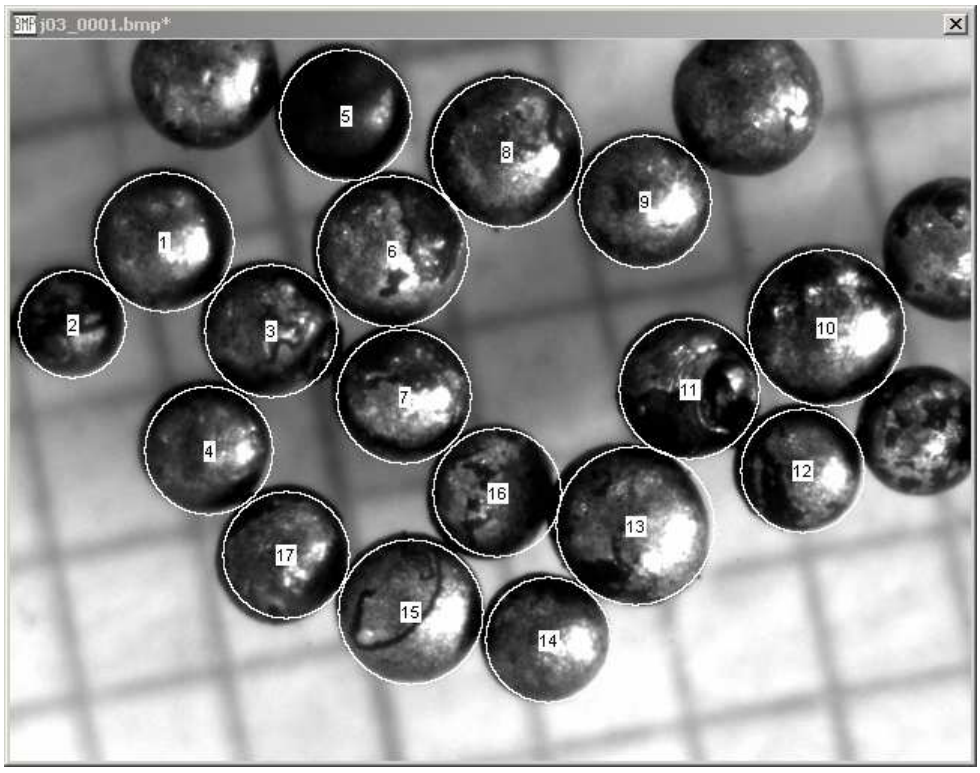


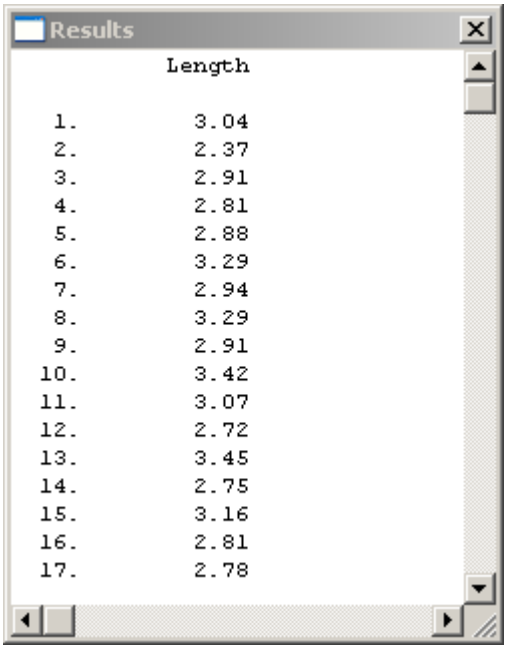

j02_0001.bmp*
1
2
3
4
5



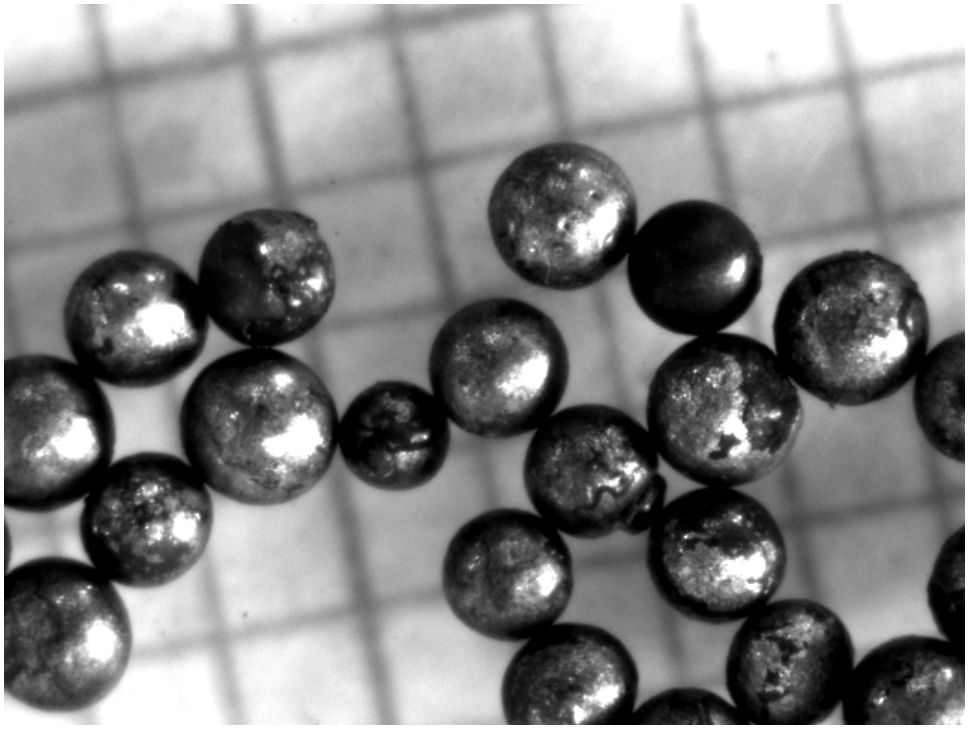
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,430	0,773	1,880
2	2,850	0,907	2,585
3	2,940	0,936	2,751
4	3,360	1,070	3,594
5	2,910	0,926	2,695

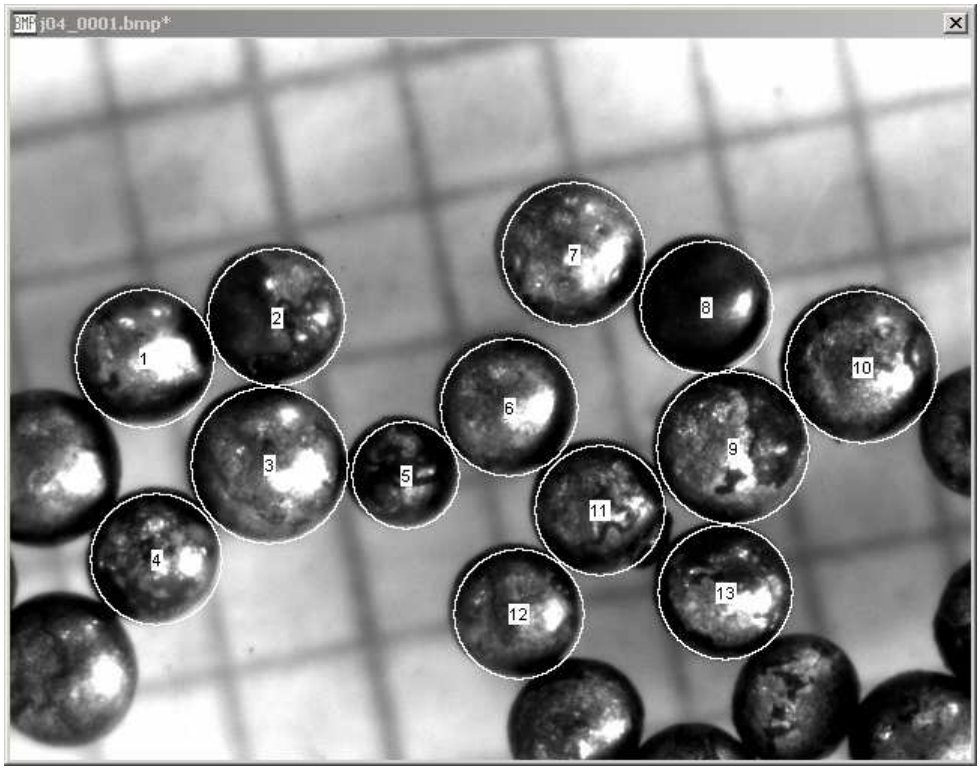


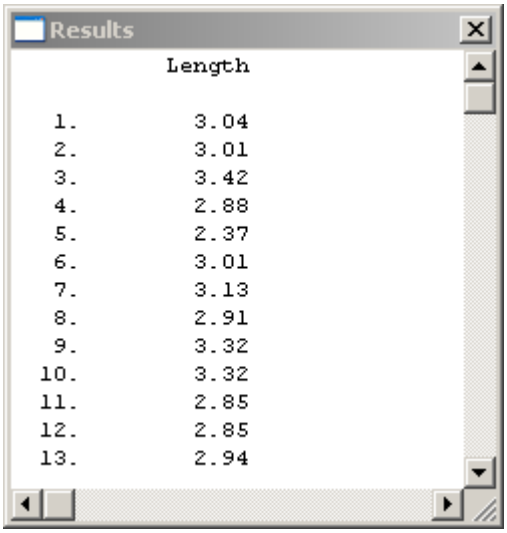

j03_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



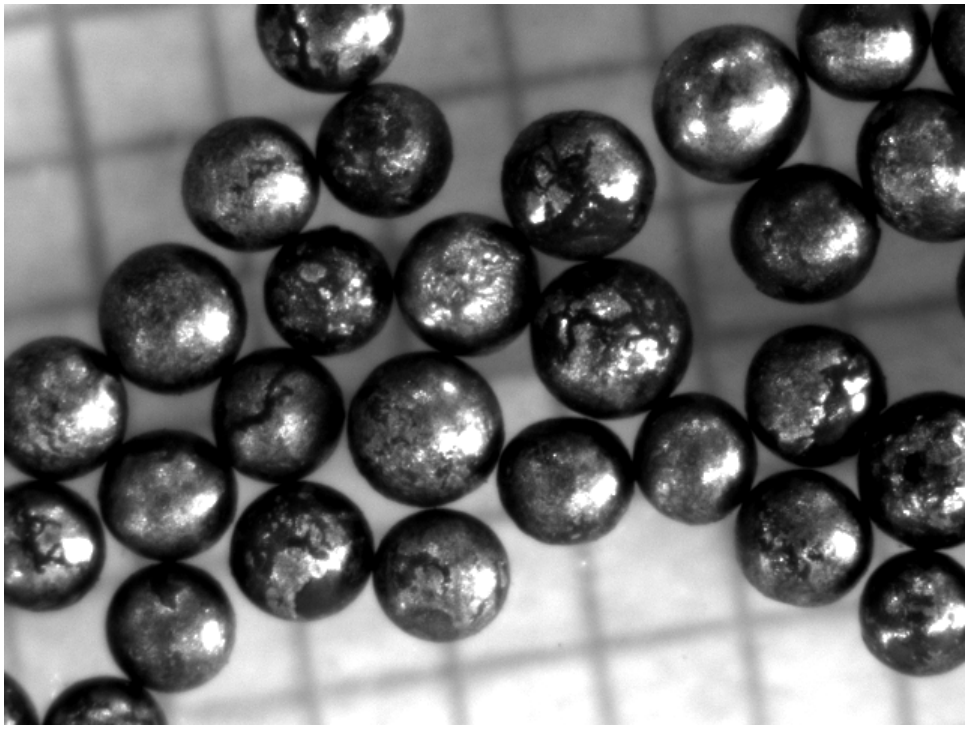
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,040	0,968	2,942
2	2,370	0,754	1,788
3	2,910	0,926	2,695
4	2,810	0,894	2,513
5	2,880	0,917	2,640
6	3,290	1,047	3,445
7	2,940	0,936	2,751
8	3,290	1,047	3,445
9	2,910	0,926	2,695
10	3,420	1,089	3,723
11	3,070	0,977	3,000
12	2,720	0,866	2,355
13	3,450	1,098	3,789
14	2,750	0,875	2,407
15	3,160	1,006	3,179
16	2,810	0,894	2,513
17	2,780	0,885	2,460



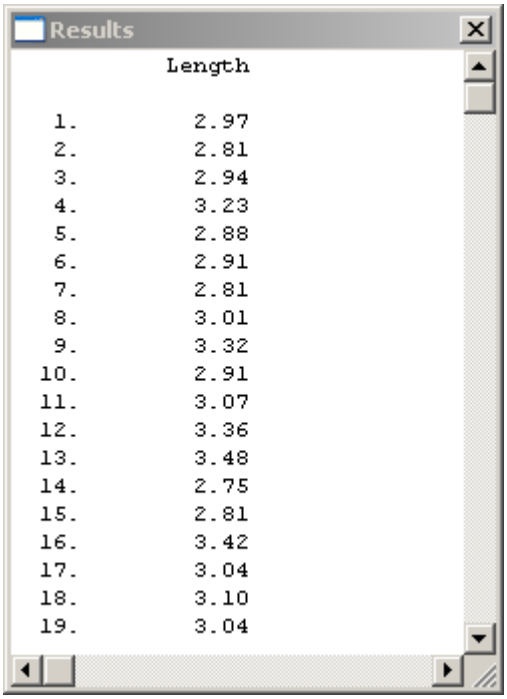

j04_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



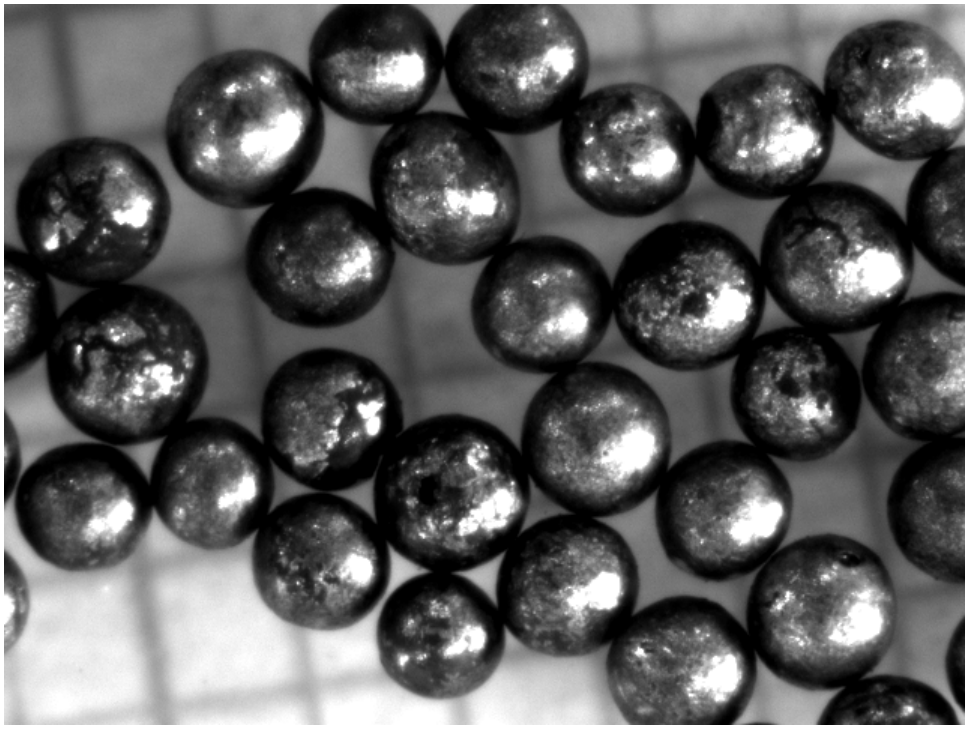
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,040	0,968	2,942
2	3,010	0,958	2,884
3	3,420	1,089	3,723
4	2,880	0,917	2,640
5	2,370	0,754	1,788
6	3,010	0,958	2,884
7	3,130	0,996	3,118
8	2,910	0,926	2,695
9	3,320	1,057	3,509
10	3,320	1,057	3,509
11	2,850	0,907	2,585
12	2,850	0,907	2,585
13	2,940	0,936	2,751

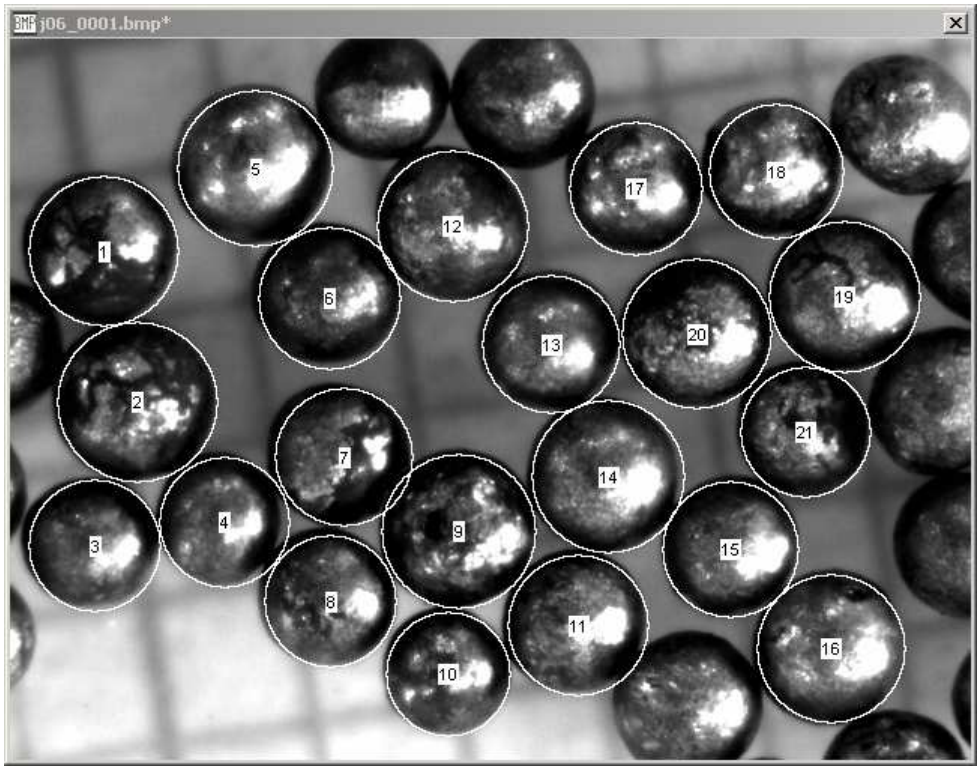


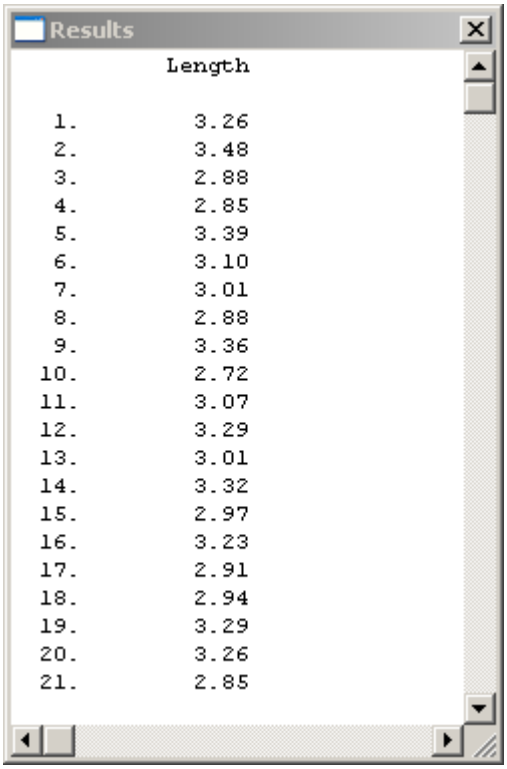

j05_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19



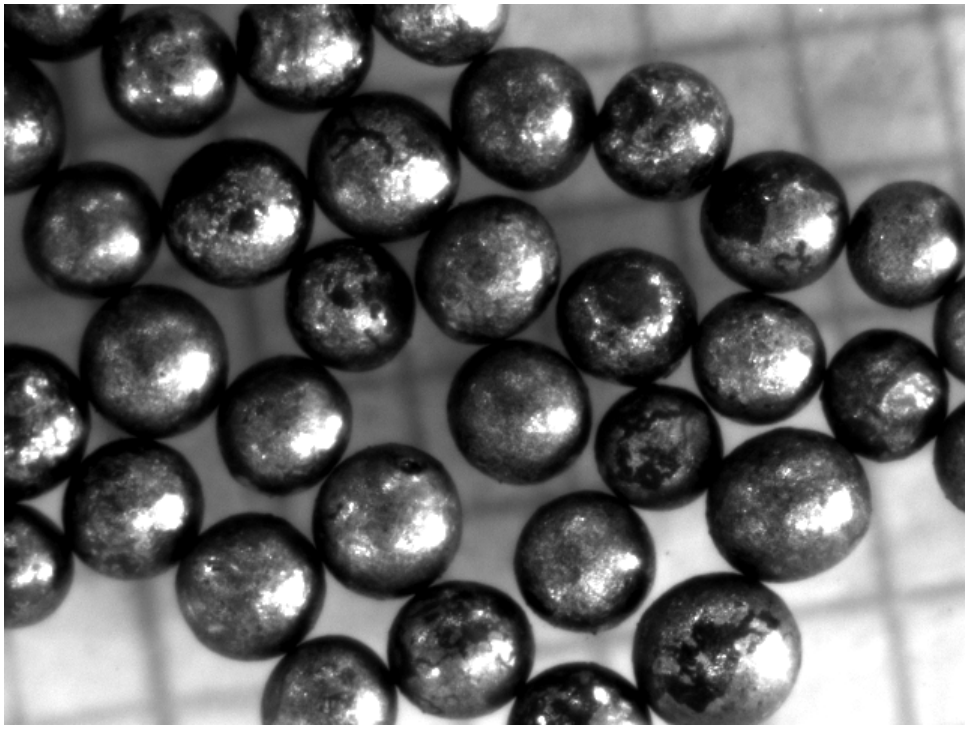
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,970	0,945	2,808
2	2,810	0,894	2,513
3	2,940	0,936	2,751
4	3,230	1,028	3,321
5	2,880	0,917	2,640
6	2,910	0,926	2,695
7	2,810	0,894	2,513
8	3,010	0,958	2,884
9	3,320	1,057	3,509
10	2,910	0,926	2,695
11	3,070	0,977	3,000
12	3,360	1,070	3,594
13	3,480	1,108	3,855
14	2,750	0,875	2,407
15	2,810	0,894	2,513
16	3,420	1,089	3,723
17	3,040	0,968	2,942
18	3,100	0,987	3,059
19	3,040	0,968	2,942

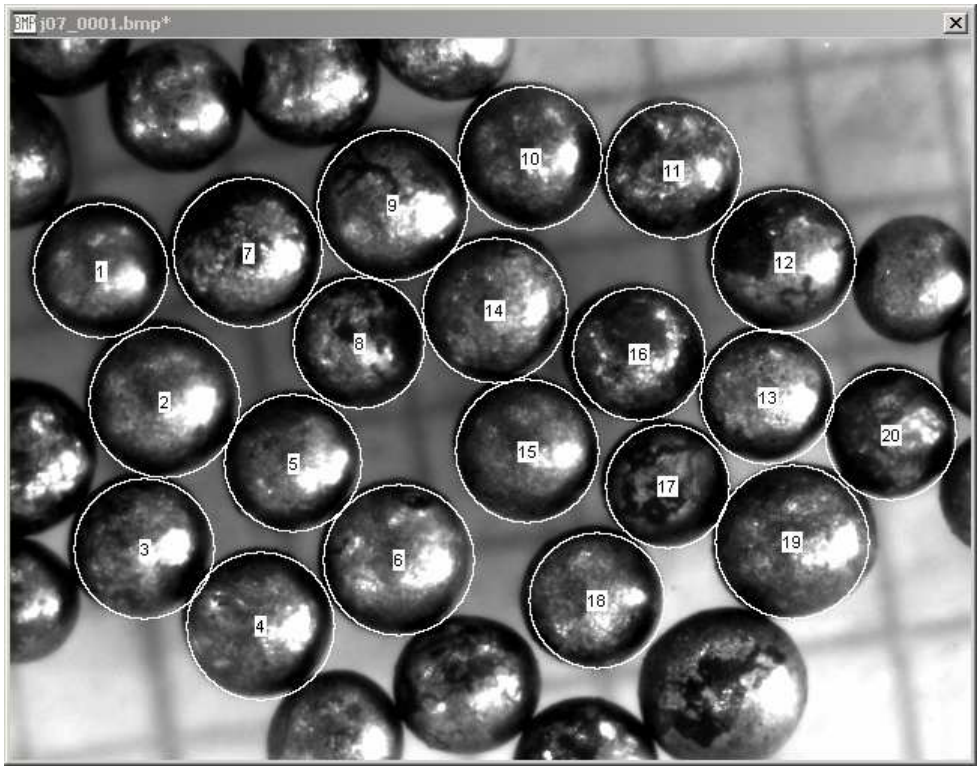


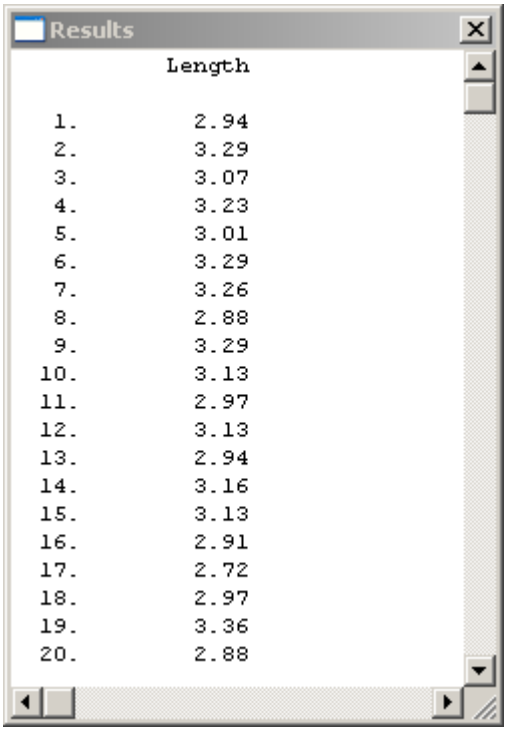

j06_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21



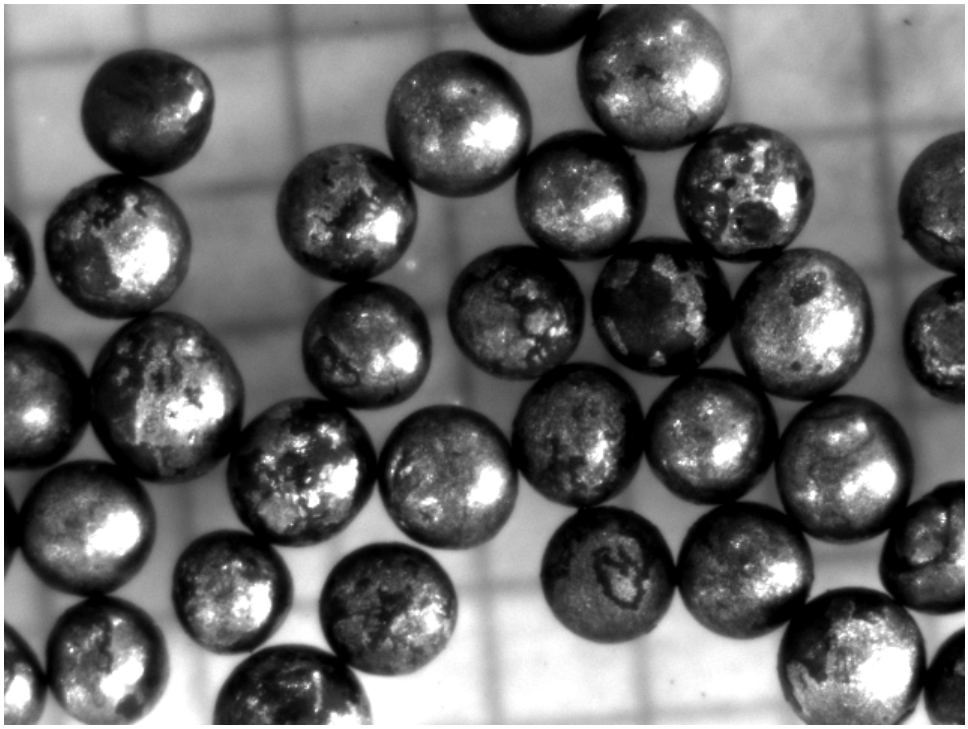
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,260	1,038	3,383
2	3,480	1,108	3,855
3	2,880	0,917	2,640
4	2,850	0,907	2,585
5	3,390	1,079	3,658
6	3,100	0,987	3,059
7	3,010	0,958	2,884
8	2,880	0,917	2,640
9	3,360	1,070	3,594
10	2,720	0,866	2,355
11	3,070	0,977	3,000
12	3,290	1,047	3,445
13	3,010	0,958	2,884
14	3,320	1,057	3,509
15	2,970	0,945	2,808
16	3,230	1,028	3,321
17	2,910	0,926	2,695
18	2,940	0,936	2,751
19	3,290	1,047	3,445
20	3,260	1,038	3,383
21	2,850	0,907	2,585



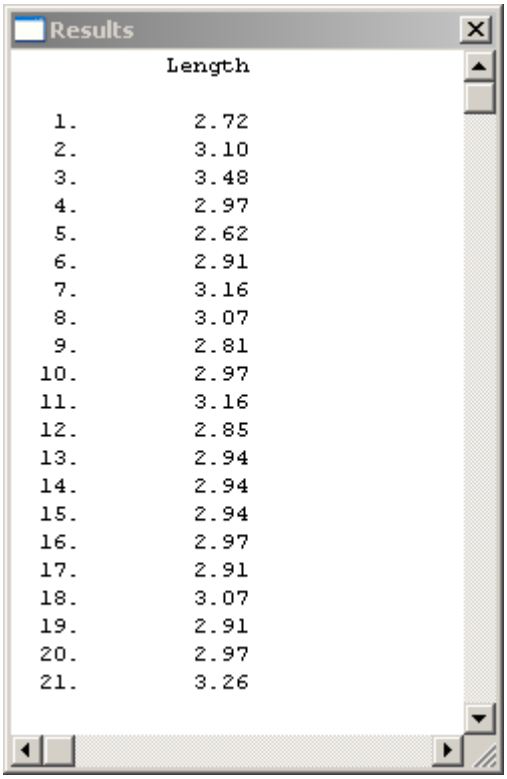

j07_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20



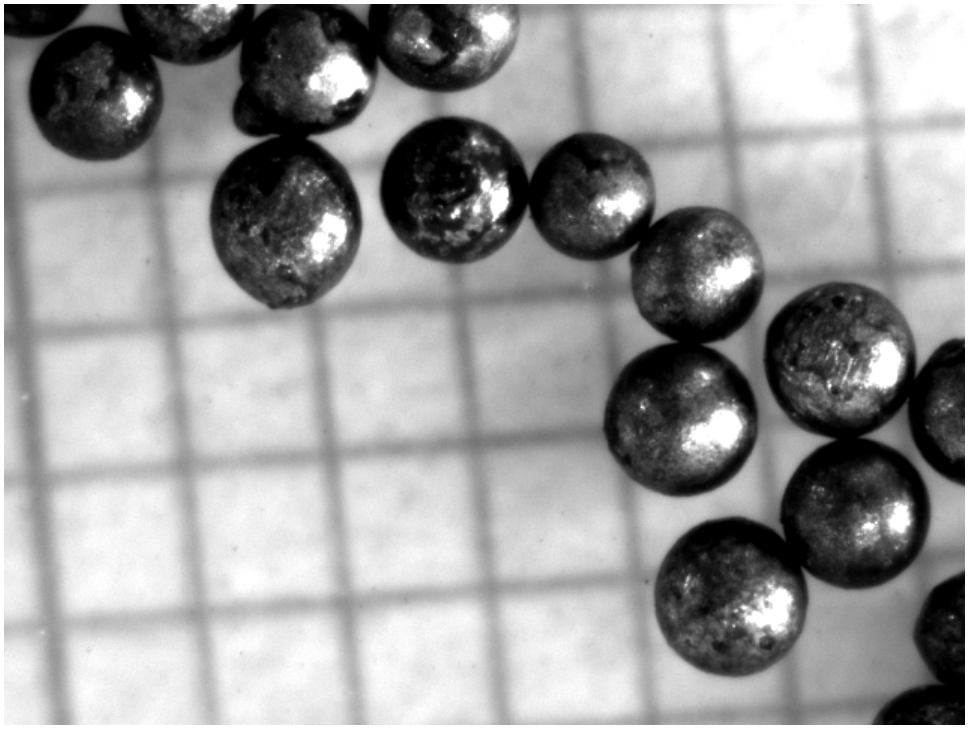
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,940	0,936	2,751
2	3,290	1,047	3,445
3	3,070	0,977	3,000
4	3,230	1,028	3,321
5	3,010	0,958	2,884
6	3,290	1,047	3,445
7	3,260	1,038	3,383
8	2,880	0,917	2,640
9	3,290	1,047	3,445
10	3,130	0,996	3,118
11	2,970	0,945	2,808
12	3,130	0,996	3,118
13	2,940	0,936	2,751
14	3,160	1,006	3,179
15	3,130	0,996	3,118
16	2,910	0,926	2,695
17	2,720	0,866	2,355
18	2,970	0,945	2,808
19	3,360	1,070	3,594
20	2,880	0,917	2,640

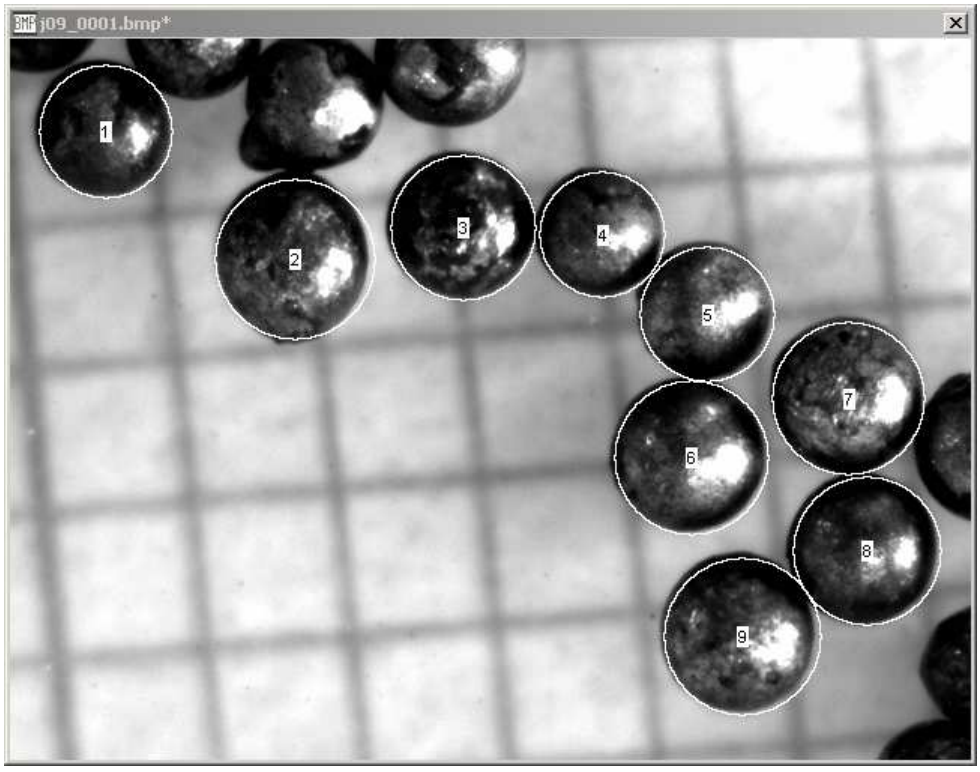


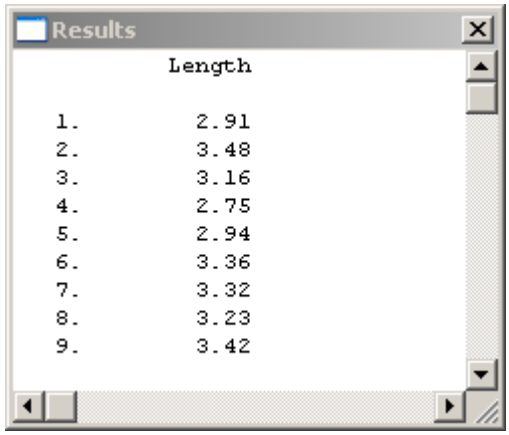

j08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21



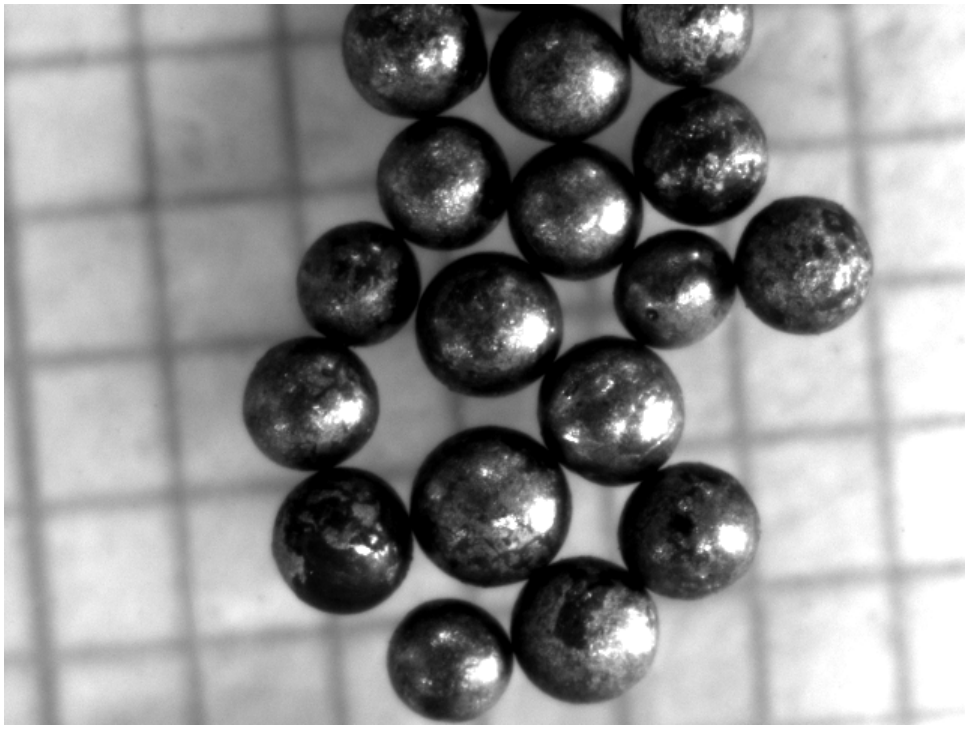
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,720	0,866	2,355
2	3,100	0,987	3,059
3	3,480	1,108	3,855
4	2,970	0,945	2,808
5	2,620	0,834	2,185
6	2,910	0,926	2,695
7	3,160	1,006	3,179
8	3,070	0,977	3,000
9	2,810	0,894	2,513
10	2,970	0,945	2,808
11	3,160	1,006	3,179
12	2,850	0,907	2,585
13	2,940	0,936	2,751
14	2,940	0,936	2,751
15	2,940	0,936	2,751
16	2,970	0,945	2,808
17	2,910	0,926	2,695
18	3,070	0,977	3,000
19	2,910	0,926	2,695
20	2,970	0,945	2,808
21	3,260	1,038	3,383



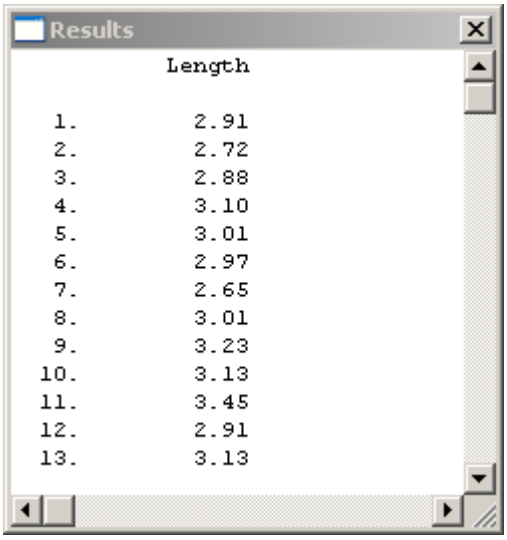

j09_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9



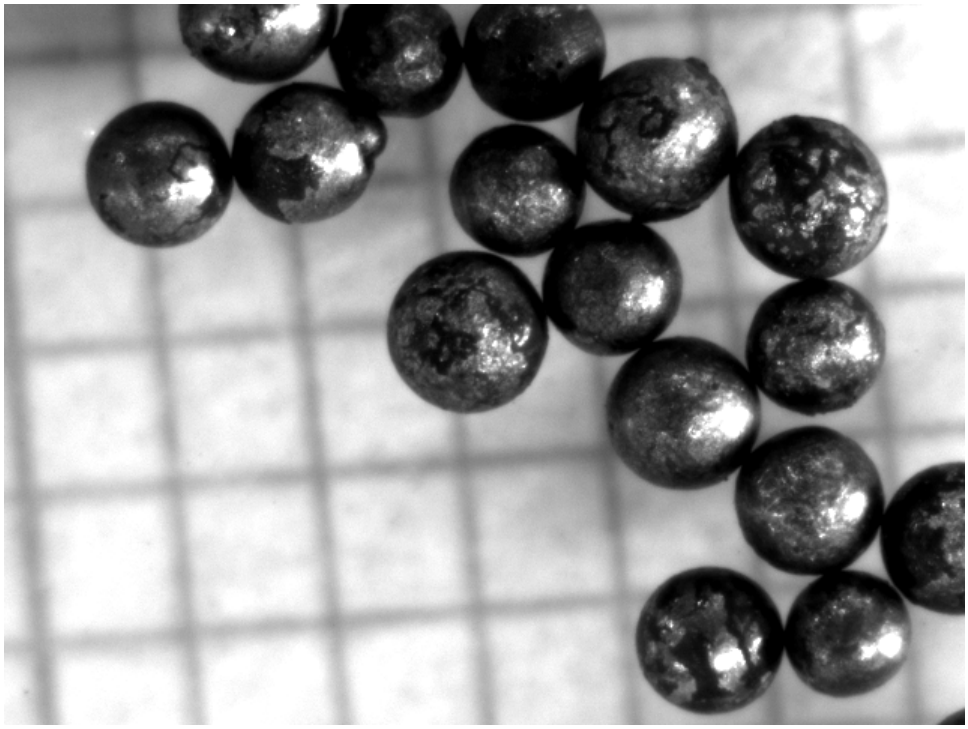
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,910	0,926	2,695
2	3,480	1,108	3,855
3	3,160	1,006	3,179
4	2,750	0,875	2,407
5	2,940	0,936	2,751
6	3,360	1,070	3,594
7	3,320	1,057	3,509
8	3,230	1,028	3,321
9	3,420	1,089	3,723

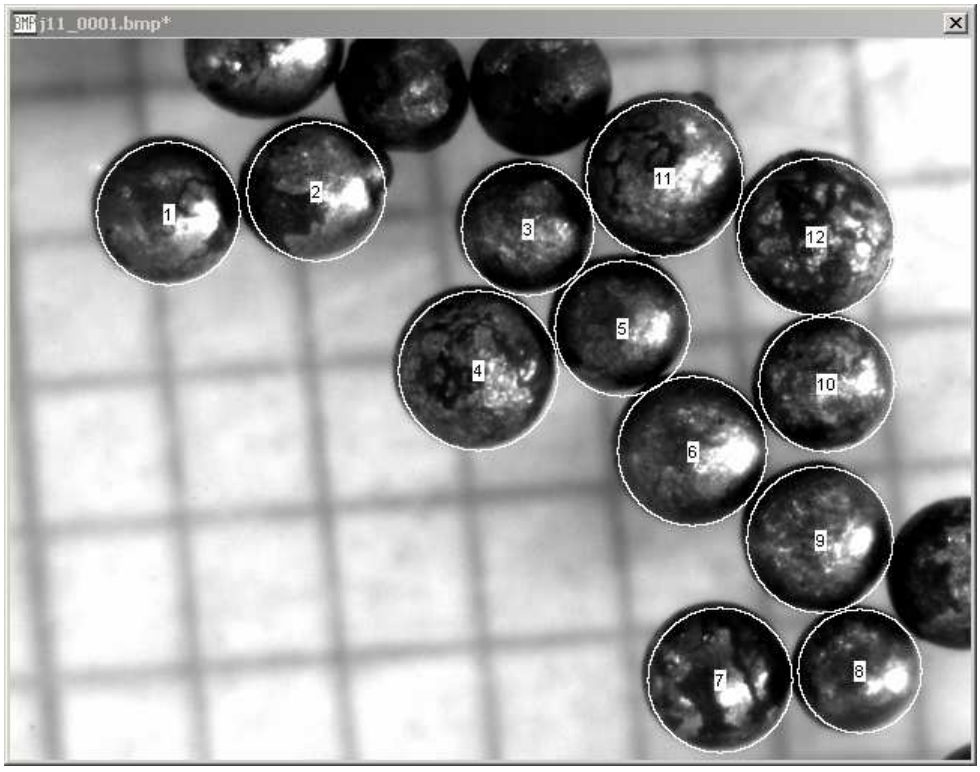


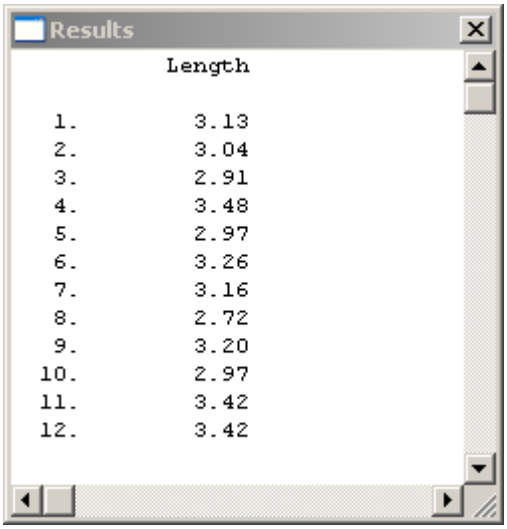

j10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



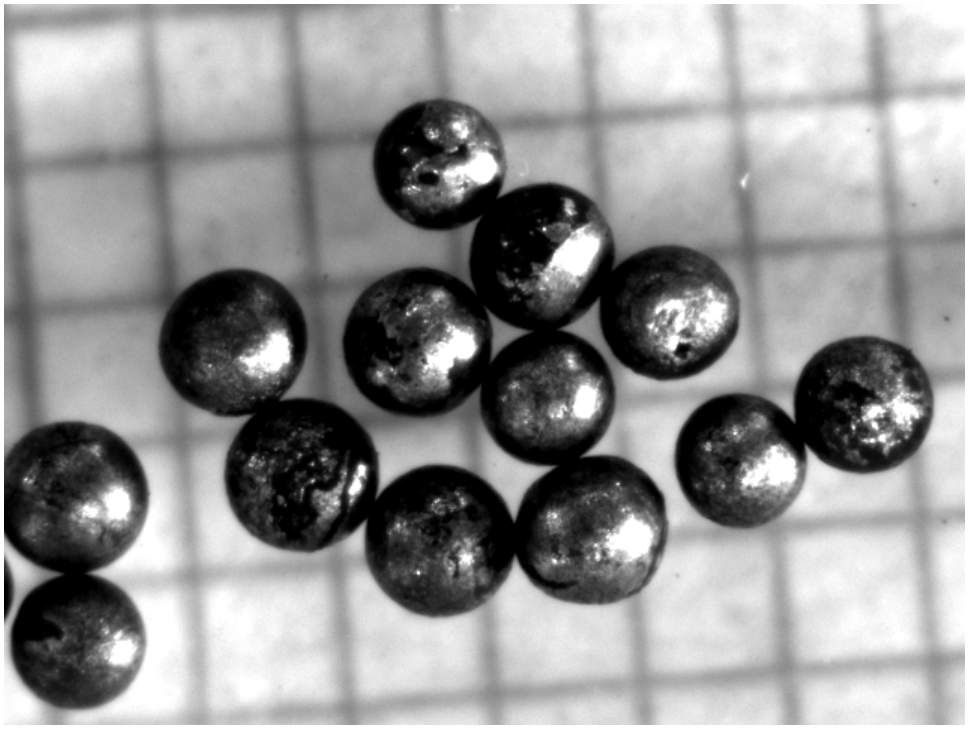
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,910	0,926	2,695
2	2,720	0,866	2,355
3	2,880	0,917	2,640
4	3,100	0,987	3,059
5	3,010	0,958	2,884
6	2,970	0,945	2,808
7	2,650	0,844	2,235
8	3,010	0,958	2,884
9	3,230	1,028	3,321
10	3,130	0,996	3,118
11	3,450	1,098	3,789
12	2,910	0,926	2,695
13	3,130	0,996	3,118

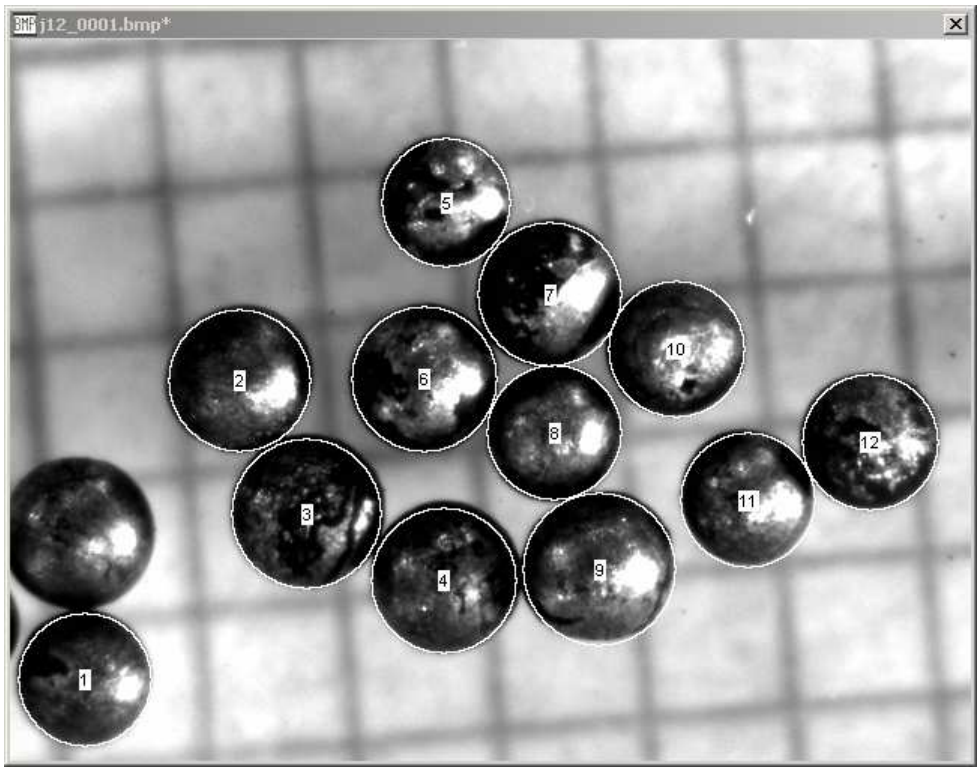


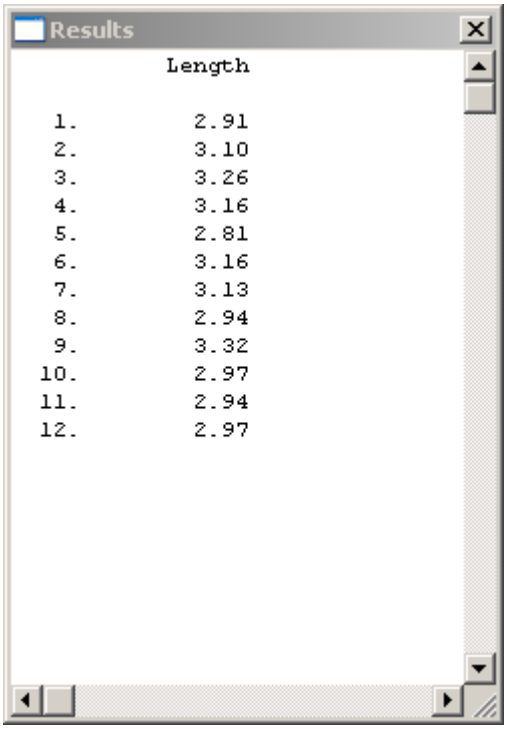

j11_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12



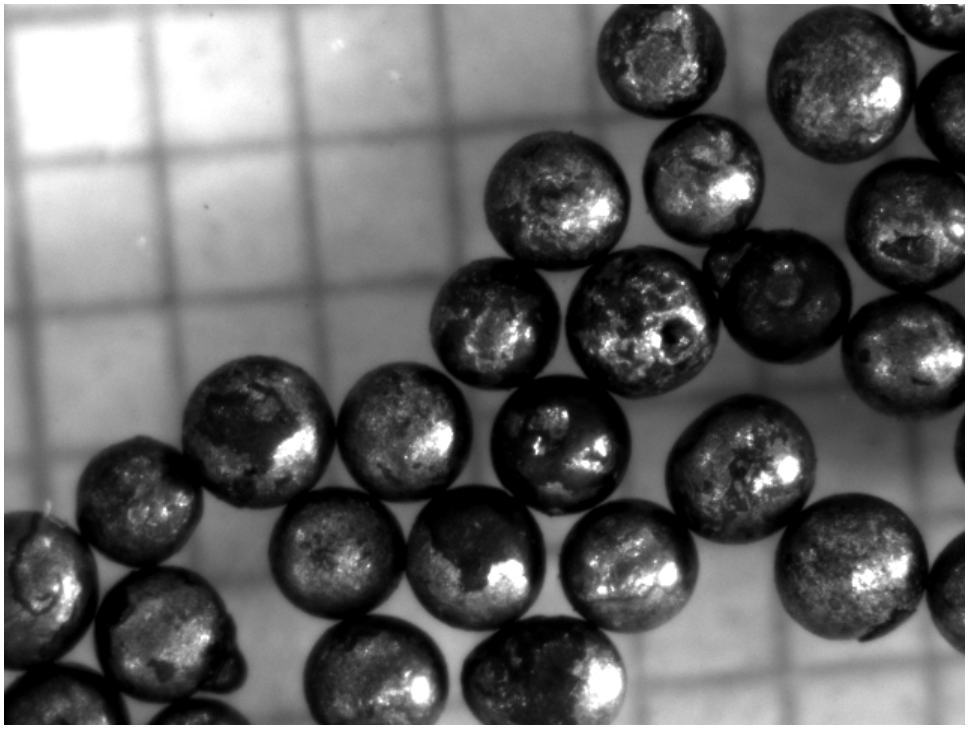
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,130	0,996	3,118
2	3,040	0,968	2,942
3	2,910	0,926	2,695
4	3,480	1,108	3,855
5	2,970	0,945	2,808
6	3,260	1,038	3,383
7	3,160	1,006	3,179
8	2,720	0,866	2,355
9	3,200	1,019	3,259
10	2,970	0,945	2,808
11	3,420	1,089	3,723
12	3,420	1,089	3,723

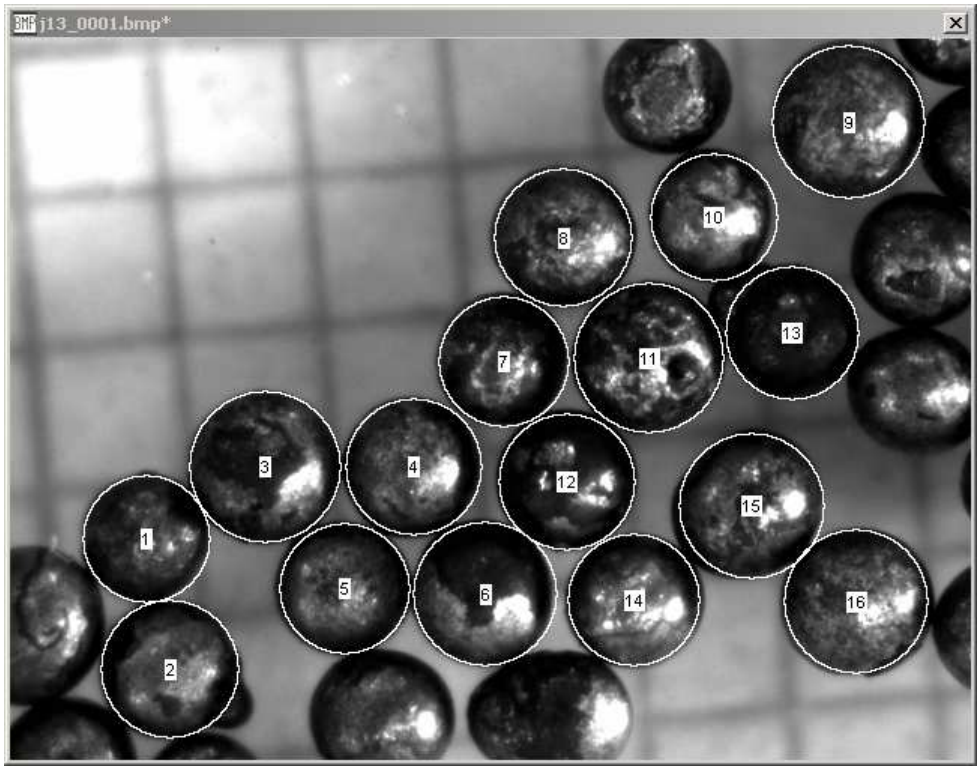


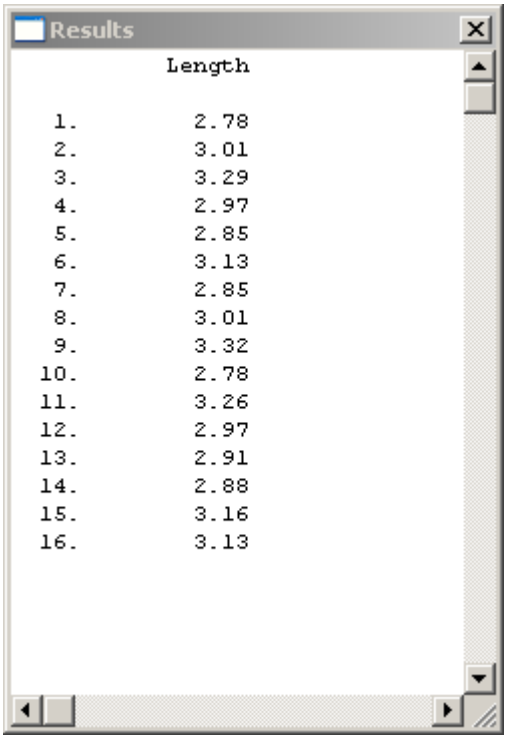

j12_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12



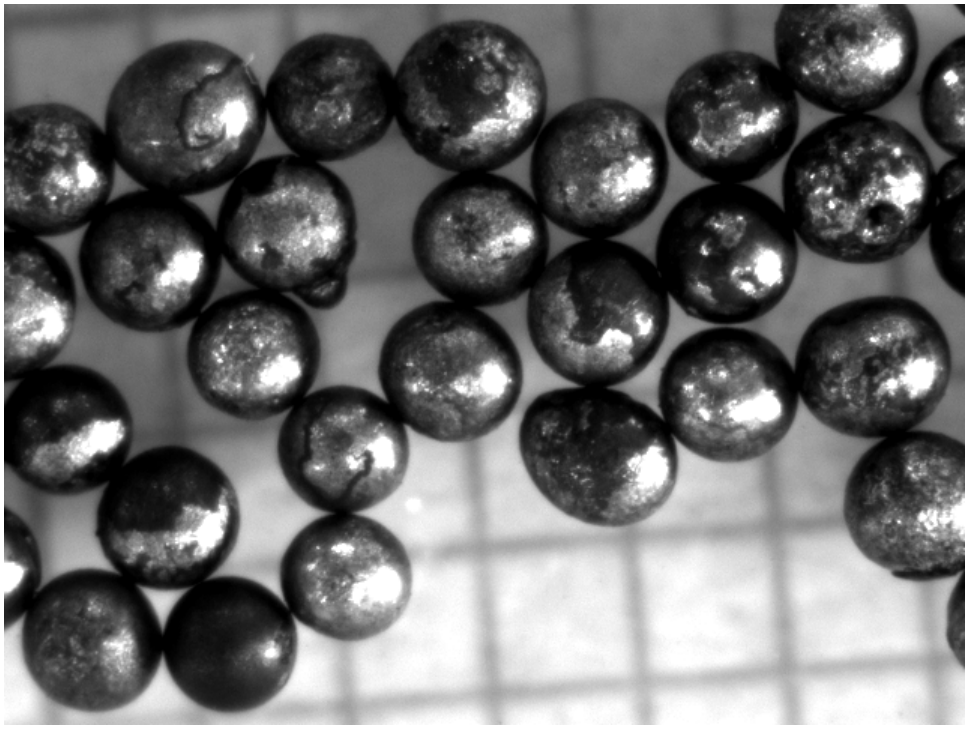
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,910	0,926	2,695
2	3,100	0,987	3,059
3	3,260	1,038	3,383
4	3,160	1,006	3,179
5	2,810	0,894	2,513
6	3,160	1,006	3,179
7	3,130	0,996	3,118
8	2,940	0,936	2,751
9	3,320	1,057	3,509
10	2,970	0,945	2,808
11	2,940	0,936	2,751
12	2,970	0,945	2,808

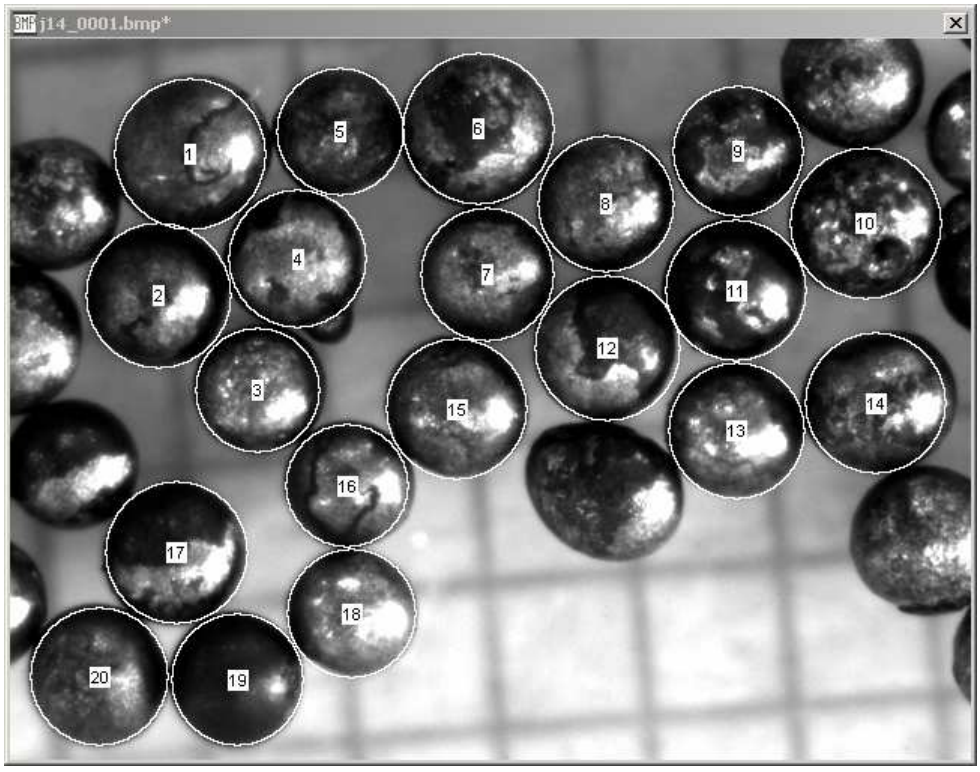


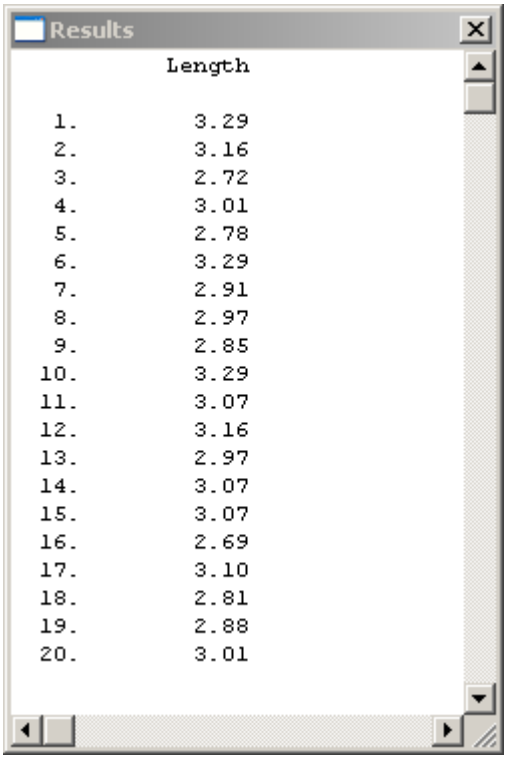

j13_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



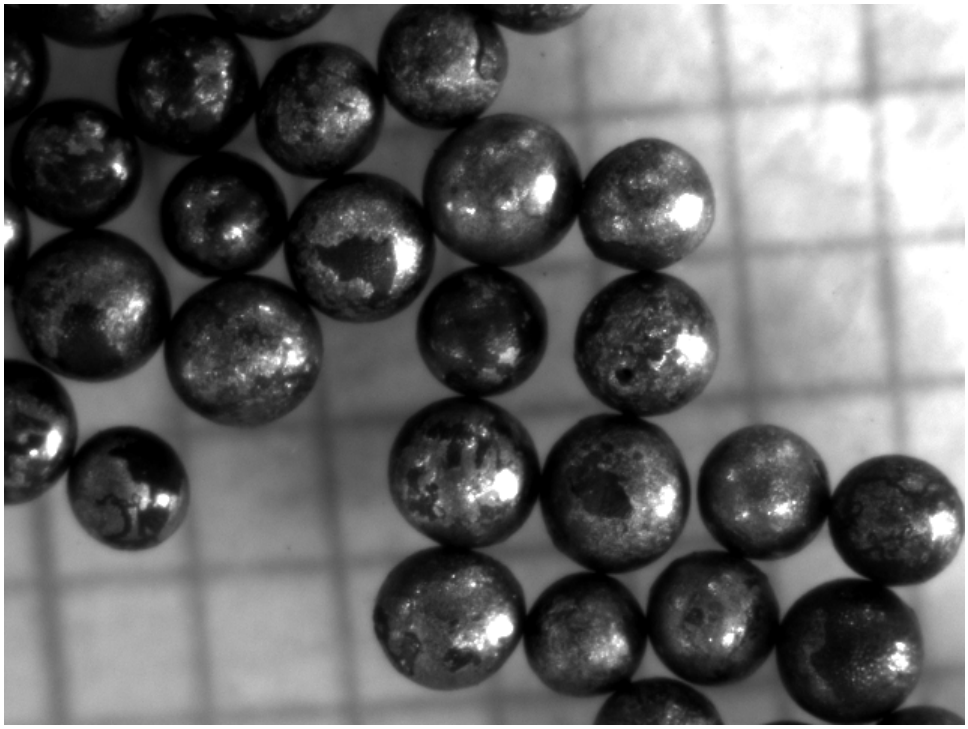
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,780	0,885	2,460
2	3,010	0,958	2,884
3	3,290	1,047	3,445
4	2,970	0,945	2,808
5	2,850	0,907	2,585
6	3,130	0,996	3,118
7	2,850	0,907	2,585
8	3,010	0,958	2,884
9	3,320	1,057	3,509
10	2,780	0,885	2,460
11	3,260	1,038	3,383
12	2,970	0,945	2,808
13	2,910	0,926	2,695
14	2,880	0,917	2,640
15	3,160	1,006	3,179
16	3,130	0,996	3,118

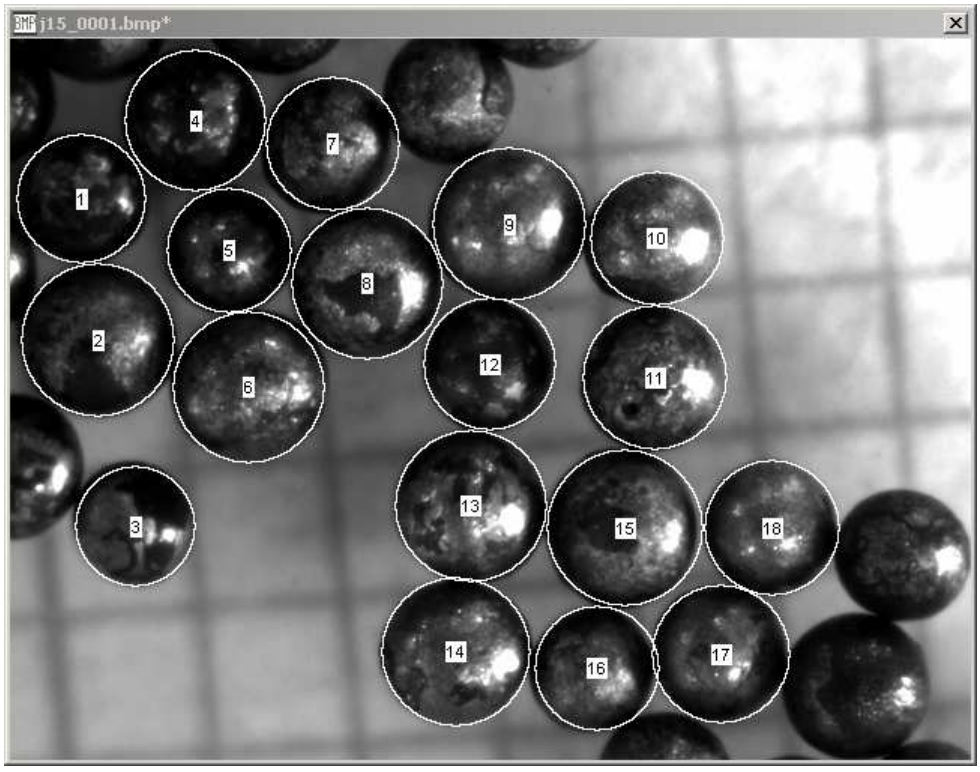


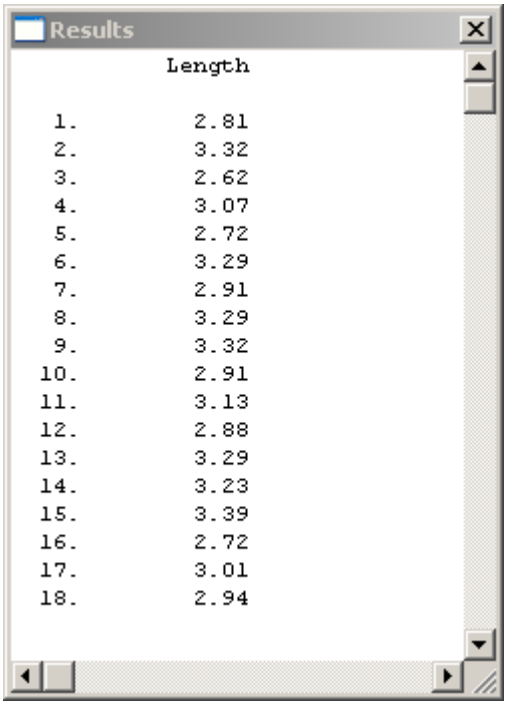

j14_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,290	1,047	3,445
2	3,160	1,006	3,179
3	2,720	0,866	2,355
4	3,010	0,958	2,884
5	2,780	0,885	2,460
6	3,290	1,047	3,445
7	2,910	0,926	2,695
8	2,970	0,945	2,808
9	2,850	0,907	2,585
10	3,290	1,047	3,445
11	3,070	0,977	3,000
12	3,160	1,006	3,179
13	2,970	0,945	2,808
14	3,070	0,977	3,000
15	3,070	0,977	3,000
16	2,690	0,856	2,303
17	3,100	0,987	3,059
18	2,810	0,894	2,513
19	2,880	0,917	2,640
20	3,010	0,958	2,884

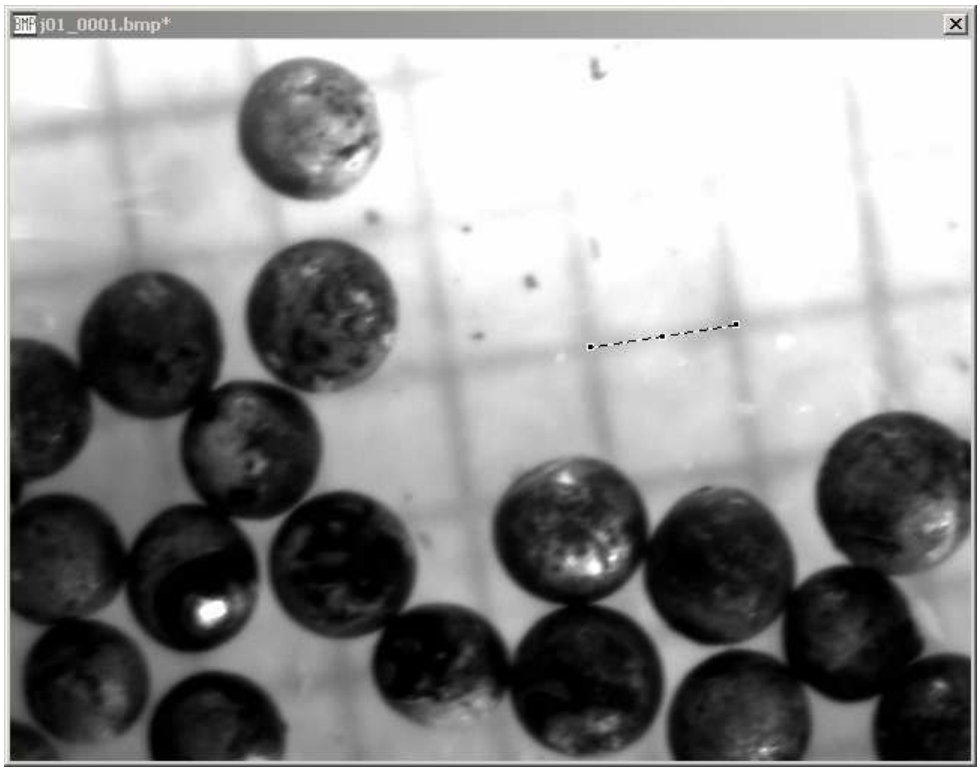


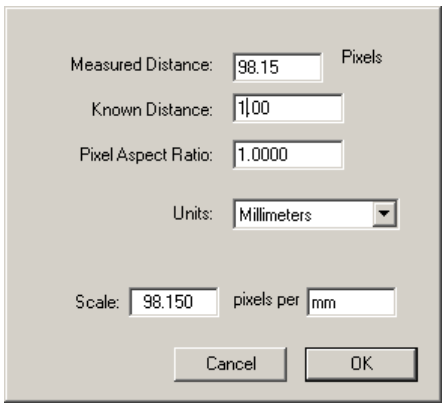

j15_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18

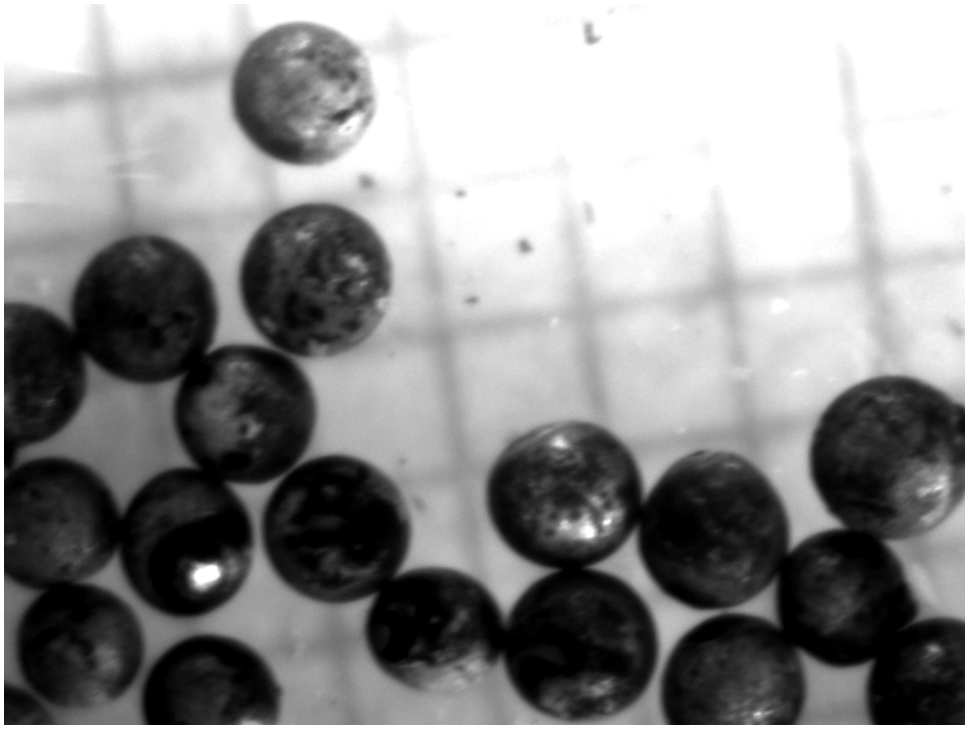


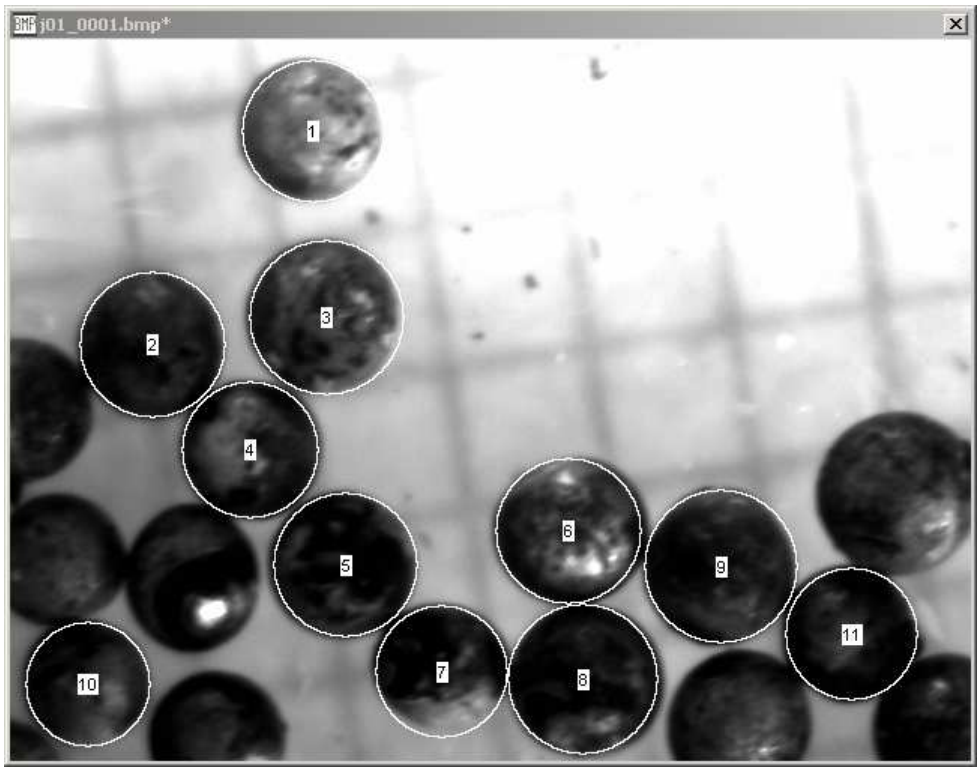
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,810	0,894	2,513
2	3,320	1,057	3,509
3	2,620	0,834	2,185
4	3,070	0,977	3,000
5	2,720	0,866	2,355
6	3,290	1,047	3,445
7	2,910	0,926	2,695
8	3,290	1,047	3,445
9	3,320	1,057	3,509
10	2,910	0,926	2,695
11	3,130	0,996	3,118
12	2,880	0,917	2,640
13	3,290	1,047	3,445
14	3,230	1,028	3,321
15	3,390	1,079	3,658
16	2,720	0,866	2,355
17	3,010	0,958	2,884
18	2,940	0,936	2,751

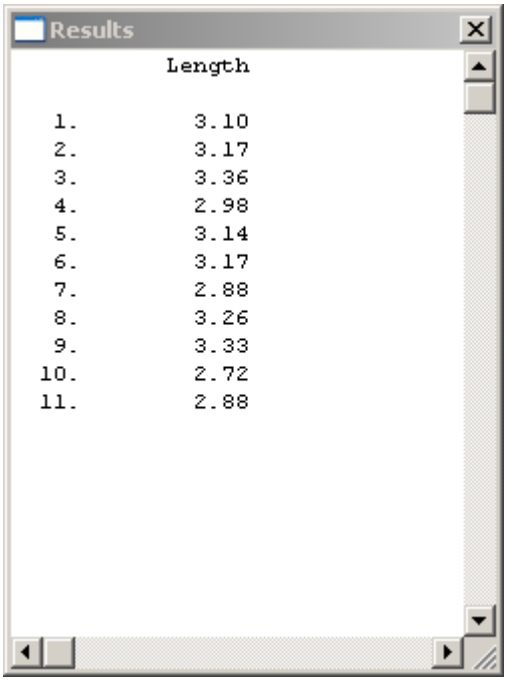
D.2.2 DIA 3 (24-ABRIL-2009)



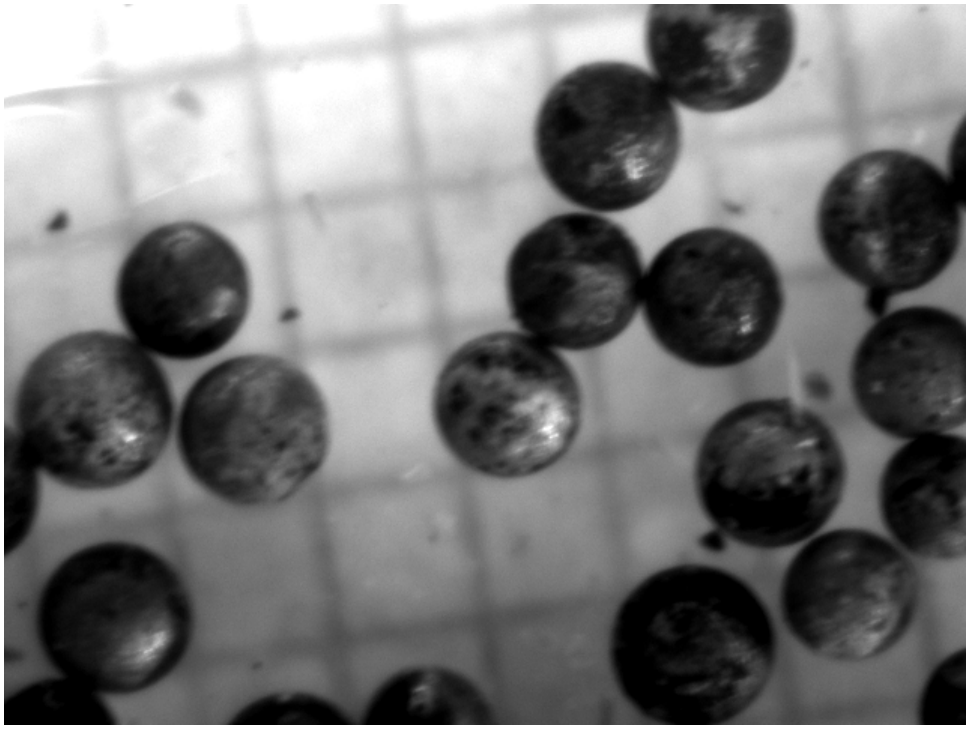


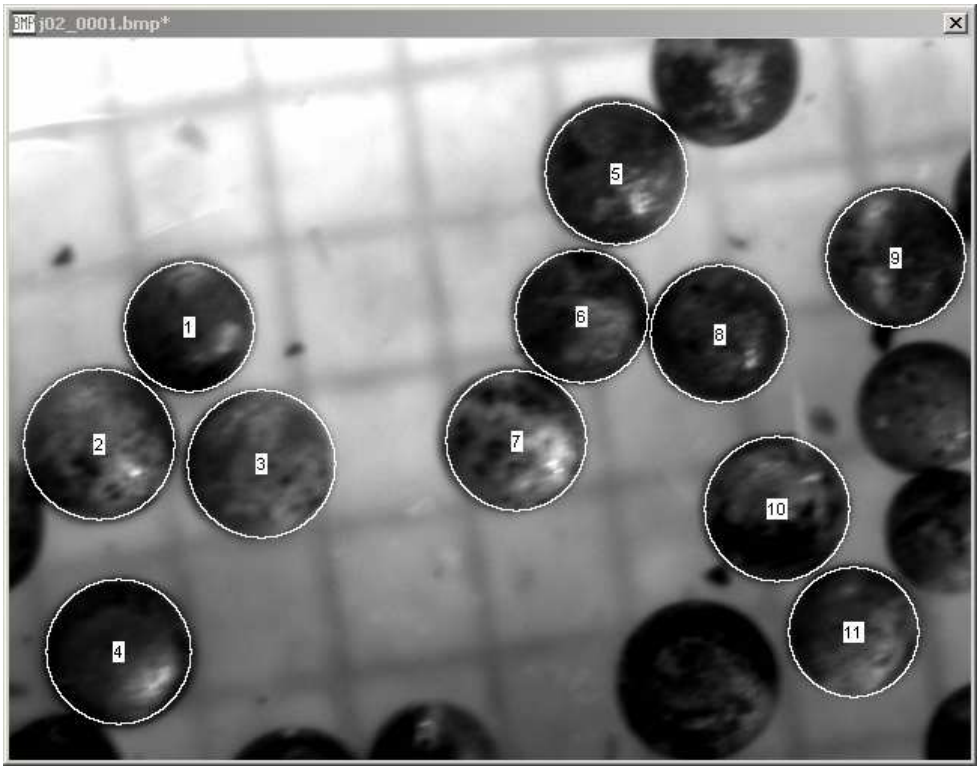


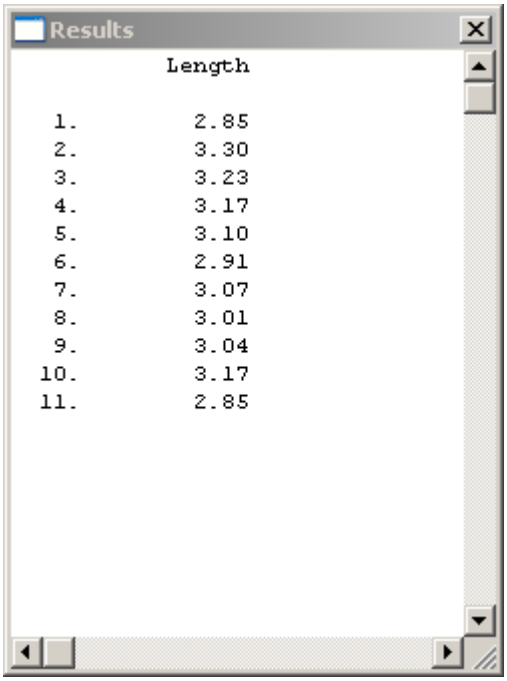

j01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11



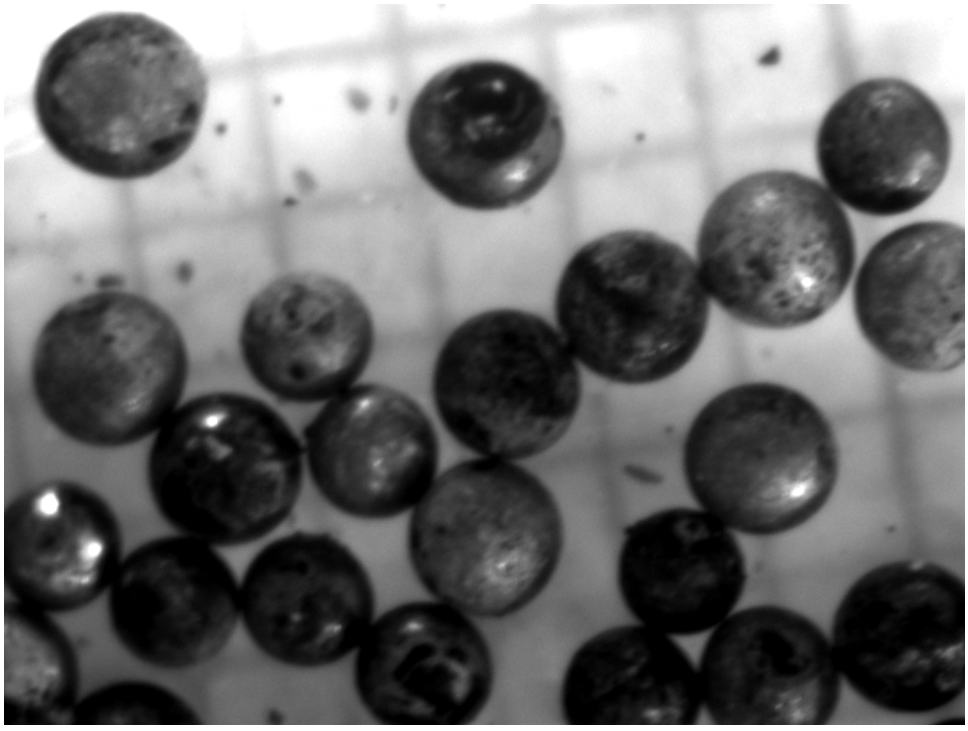
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,100	0,987	3,059
2	3,170	1,009	3,199
3	3,360	1,070	3,594
4	2,980	0,949	2,827
5	3,140	0,999	3,138
6	3,170	1,009	3,199
7	2,880	0,917	2,640
8	3,260	1,038	3,383
9	3,330	1,060	3,530
10	2,720	0,866	2,355
11	2,880	0,917	2,640



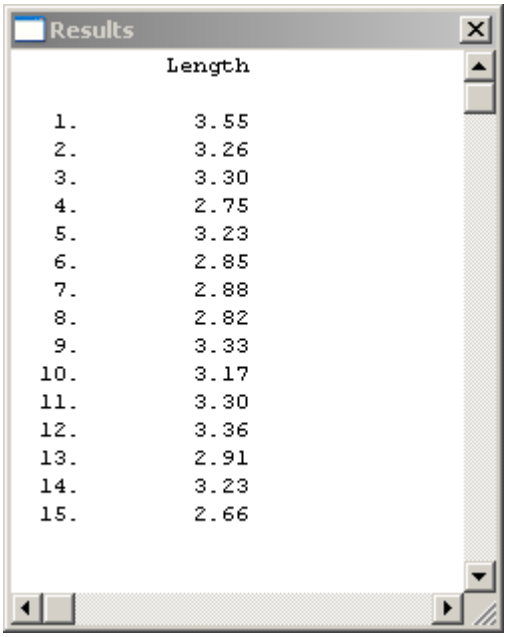

002_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11



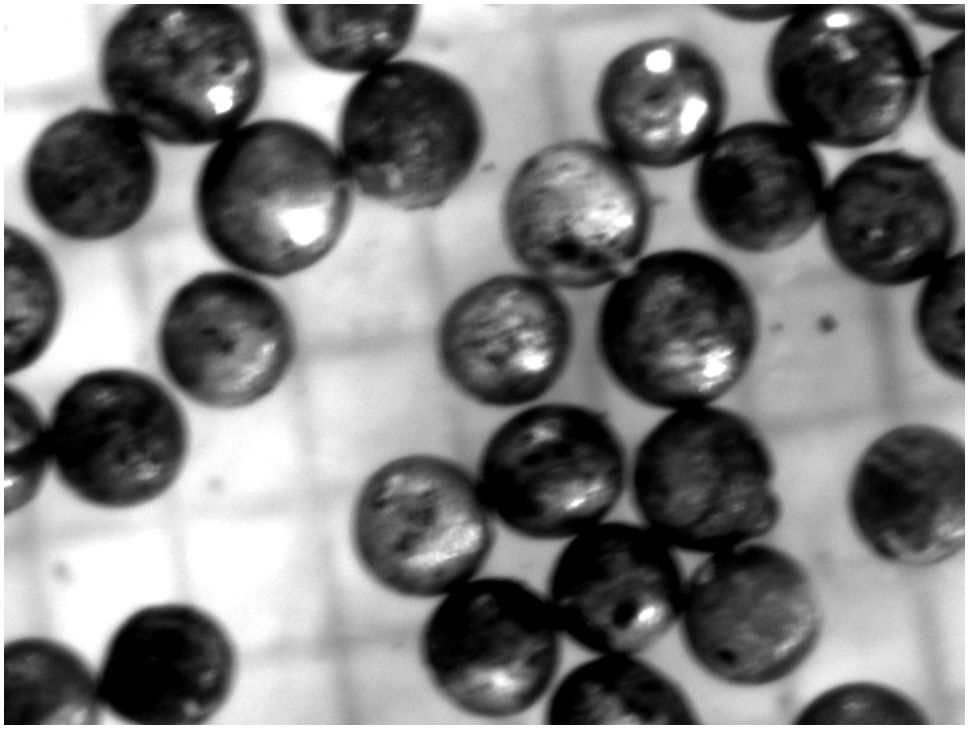
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,850	0,907	2,585
2	3,300	1,050	3,466
3	3,230	1,028	3,321
4	3,170	1,009	3,199
5	3,100	0,987	3,059
6	2,910	0,926	2,695
7	3,070	0,977	3,000
8	3,010	0,958	2,884
9	3,040	0,968	2,942
10	3,170	1,009	3,199
11	2,850	0,907	2,585

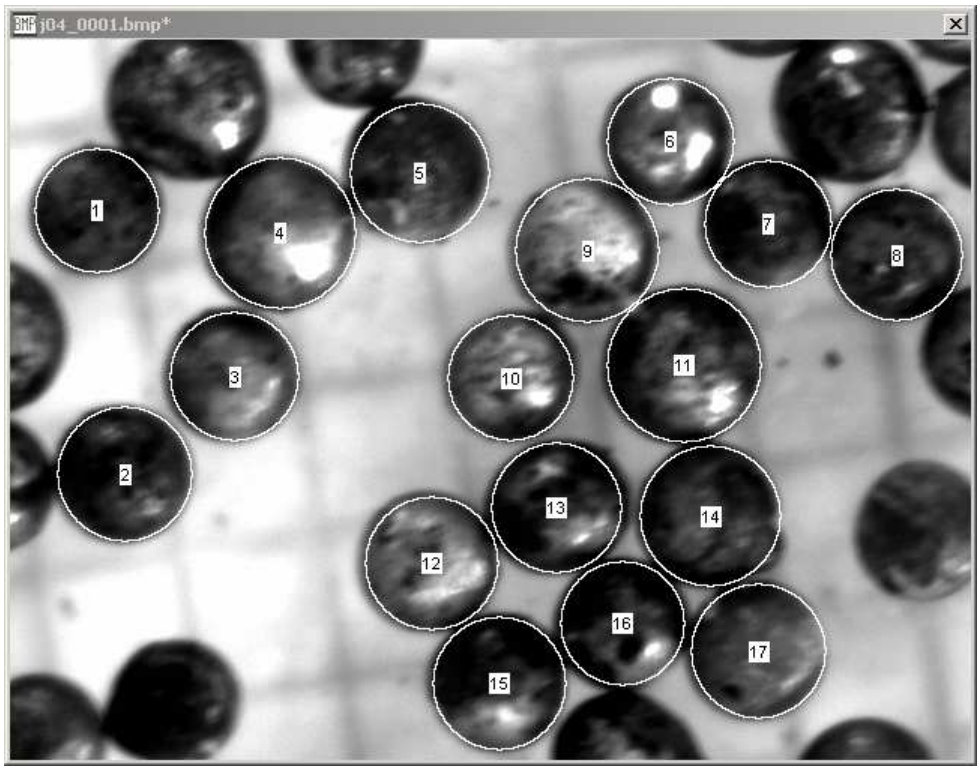


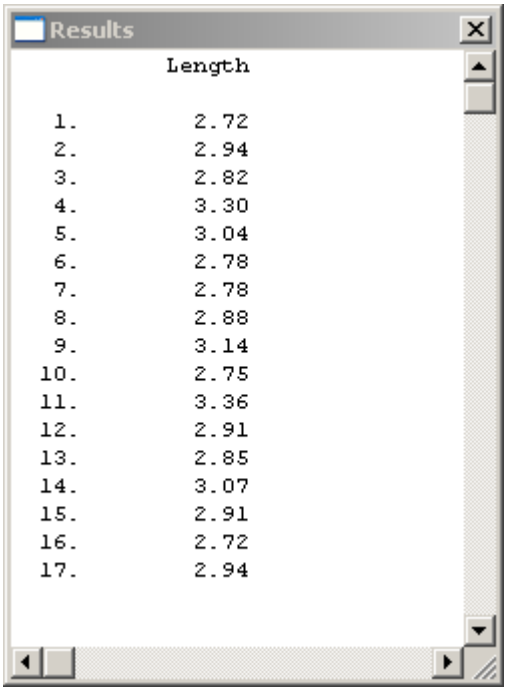

j03_0001.bmp*
1
2
13
12
11
4
3
10
8
5
14
9
15
6
7



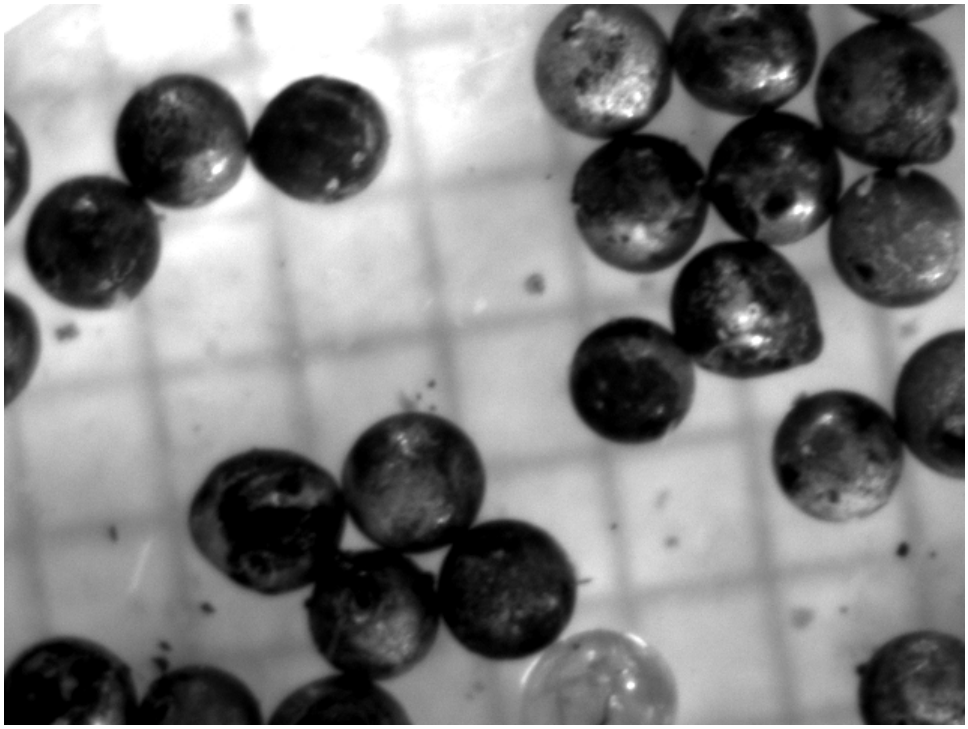
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,550	1,130	4,012
2	3,260	1,038	3,383
3	3,300	1,050	3,466
4	2,750	0,875	2,407
5	3,230	1,028	3,321
6	2,850	0,907	2,585
7	2,880	0,917	2,640
8	2,820	0,898	2,531
9	3,330	1,060	3,530
10	3,170	1,009	3,199
11	3,300	1,050	3,466
12	3,360	1,070	3,594
13	2,910	0,926	2,695
14	3,230	1,028	3,321
15	2,660	0,847	2,252



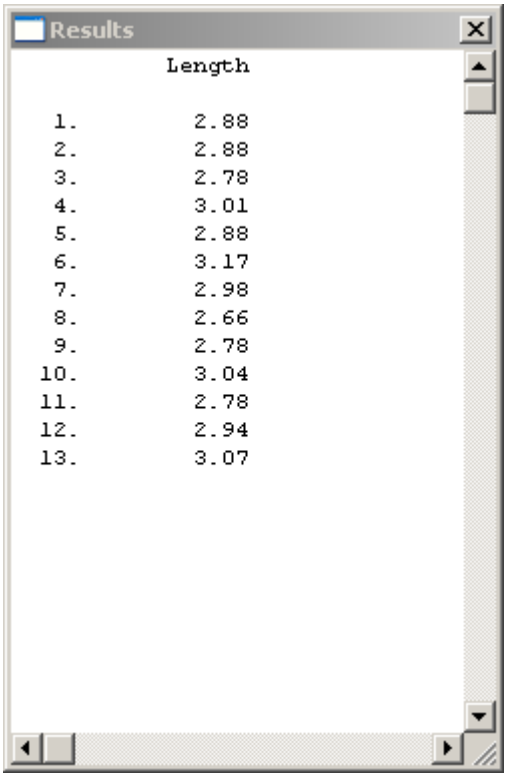

j04_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



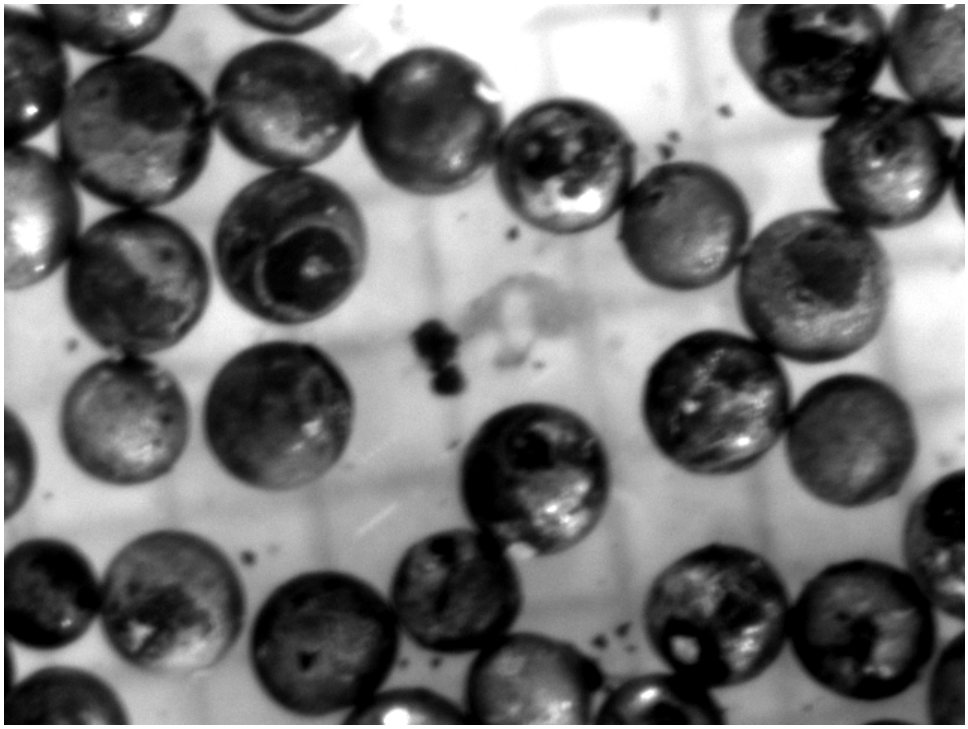
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,720	0,866	2,355
2	2,940	0,936	2,751
3	2,820	0,898	2,531
4	3,300	1,050	3,466
5	3,040	0,968	2,942
6	2,780	0,885	2,460
7	2,780	0,885	2,460
8	2,880	0,917	2,640
9	3,140	0,999	3,138
10	2,750	0,875	2,407
11	3,360	1,070	3,594
12	2,910	0,926	2,695
13	2,850	0,907	2,585
14	3,070	0,977	3,000
15	2,910	0,926	2,695
16	2,720	0,866	2,355
17	2,940	0,936	2,751

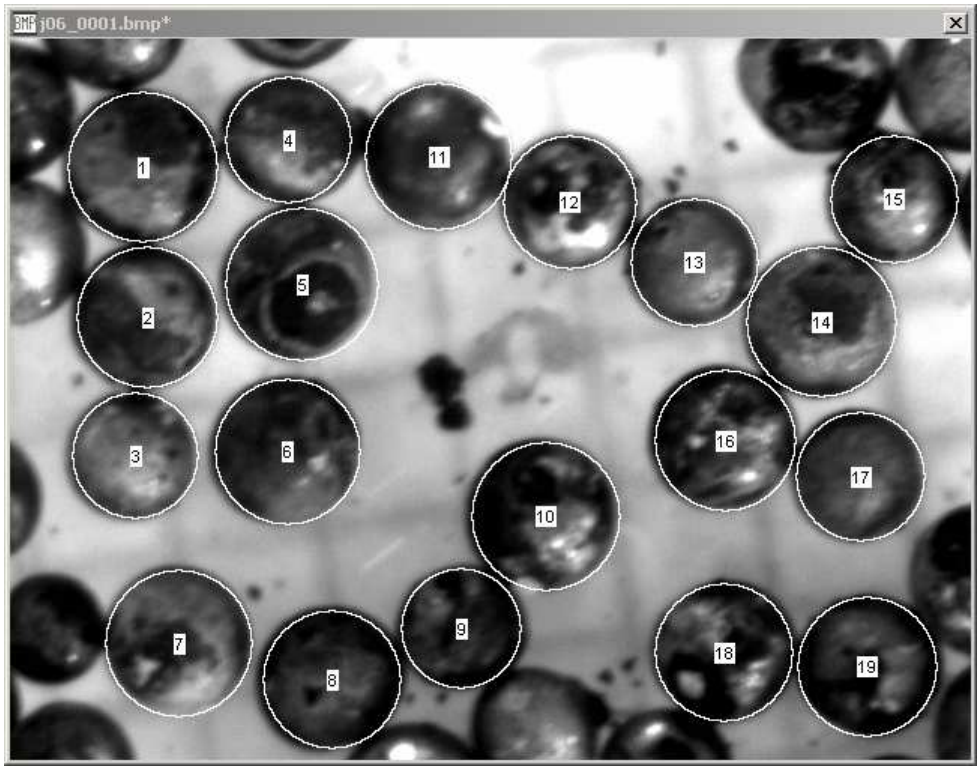


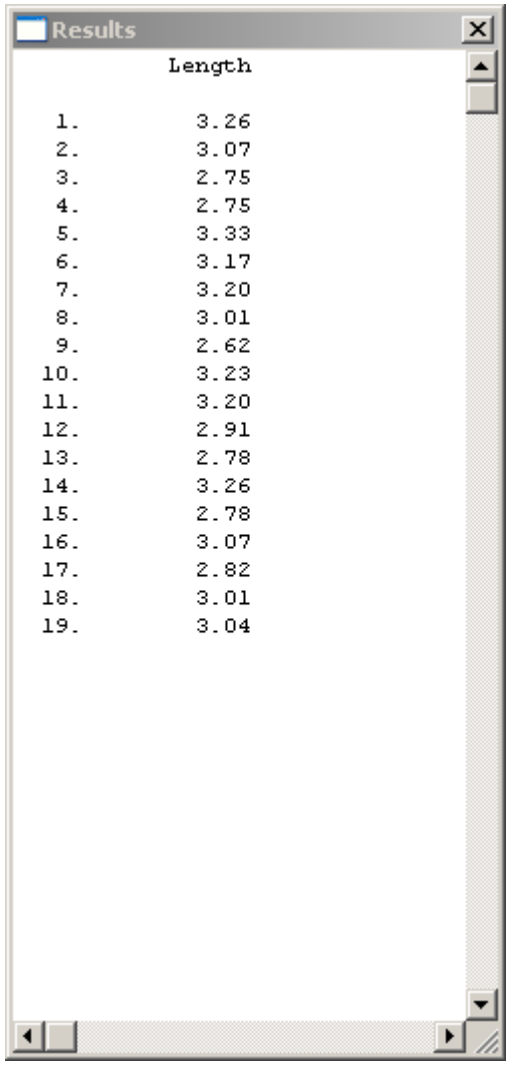

j05_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



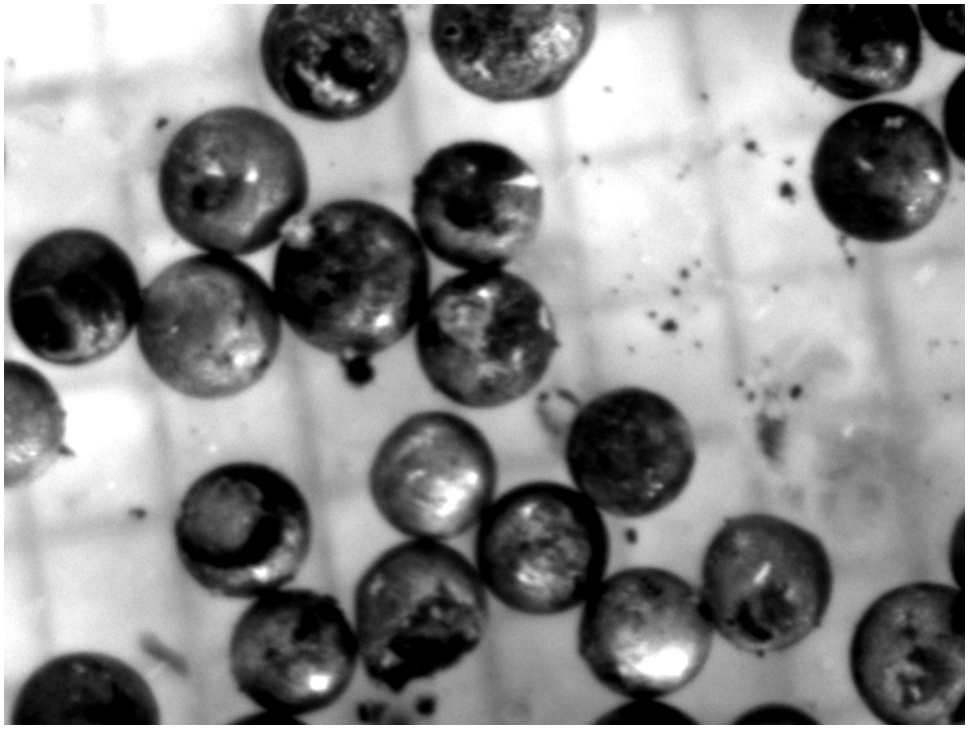
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,880	0,917	2,640
2	2,880	0,917	2,640
3	2,780	0,885	2,460
4	3,010	0,958	2,884
5	2,880	0,917	2,640
6	3,170	1,009	3,199
7	2,980	0,949	2,827
8	2,660	0,847	2,252
9	2,780	0,885	2,460
10	3,040	0,968	2,942
11	2,780	0,885	2,460
12	2,940	0,936	2,751
13	3,070	0,977	3,000



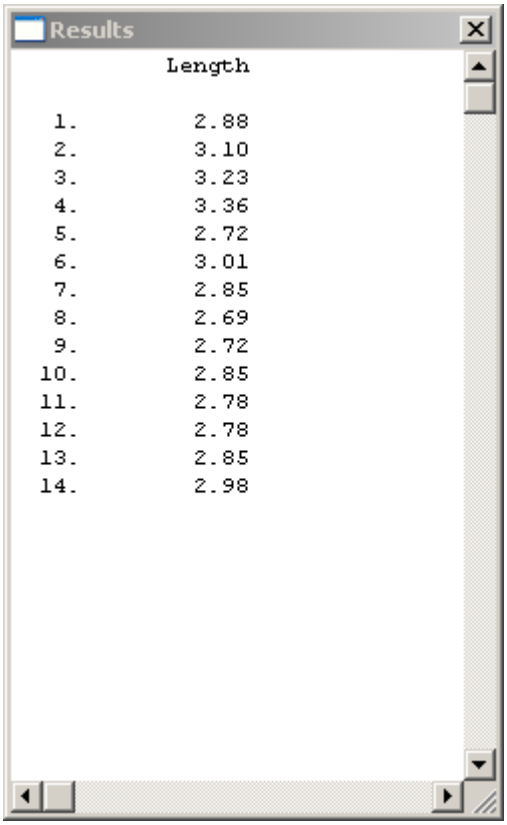

j06_0001.bmp*
1
4
11
12
15
13
5
2
14
3
6
16
17
10
7
9
18
19
8



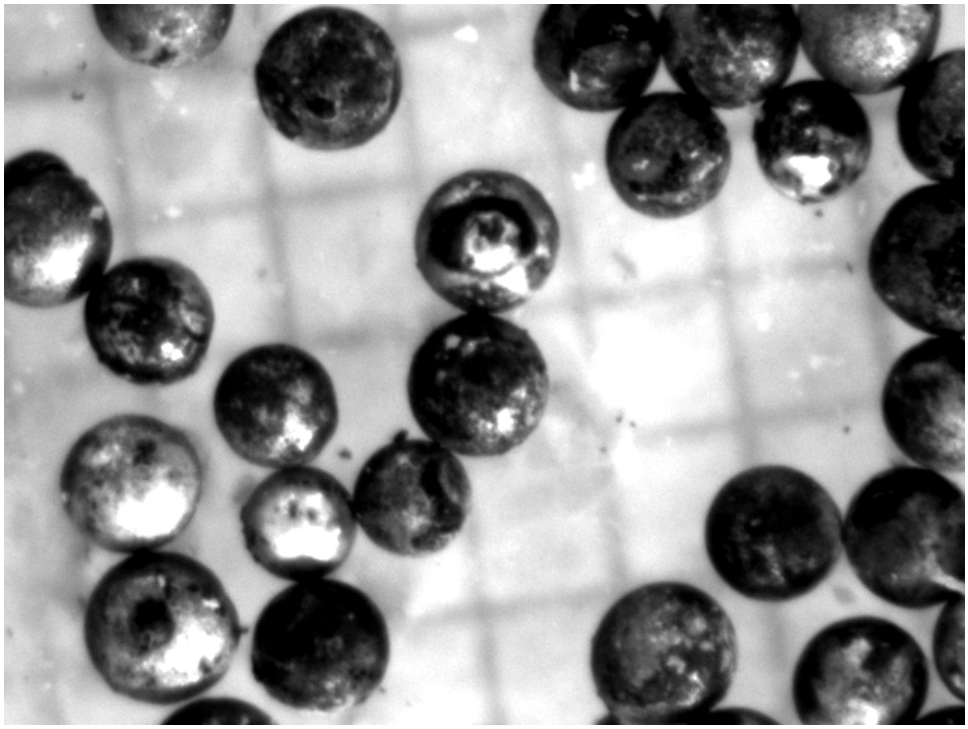
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,260	1,038	3,383
2	3,070	0,977	3,000
3	2,750	0,875	2,407
4	2,750	0,875	2,407
5	3,330	1,060	3,530
6	3,170	1,009	3,199
7	3,200	1,019	3,259
8	3,010	0,958	2,884
9	2,620	0,834	2,185
10	3,230	1,028	3,321
11	3,200	1,019	3,259
12	2,910	0,926	2,695
13	2,780	0,885	2,460
14	3,260	1,038	3,383
15	2,780	0,885	2,460
16	3,070	0,977	3,000
17	2,820	0,898	2,531
18	3,010	0,958	2,884
19	3,040	0,968	2,942



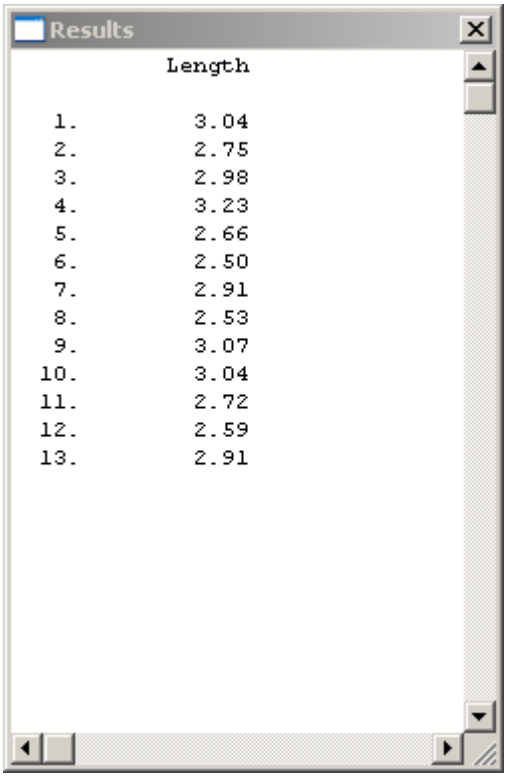

j07_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



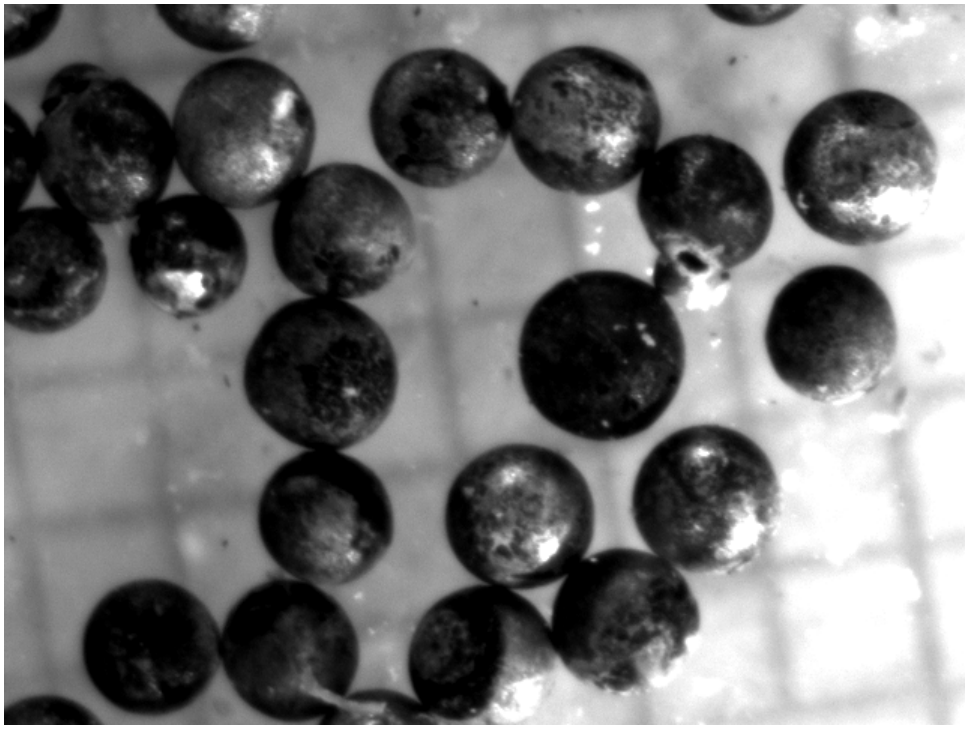
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,880	0,917	2,640
2	3,100	0,987	3,059
3	3,230	1,028	3,321
4	3,360	1,070	3,594
5	2,720	0,866	2,355
6	3,010	0,958	2,884
7	2,850	0,907	2,585
8	2,690	0,856	2,303
9	2,720	0,866	2,355
10	2,850	0,907	2,585
11	2,780	0,885	2,460
12	2,780	0,885	2,460
13	2,850	0,907	2,585
14	2,980	0,949	2,827

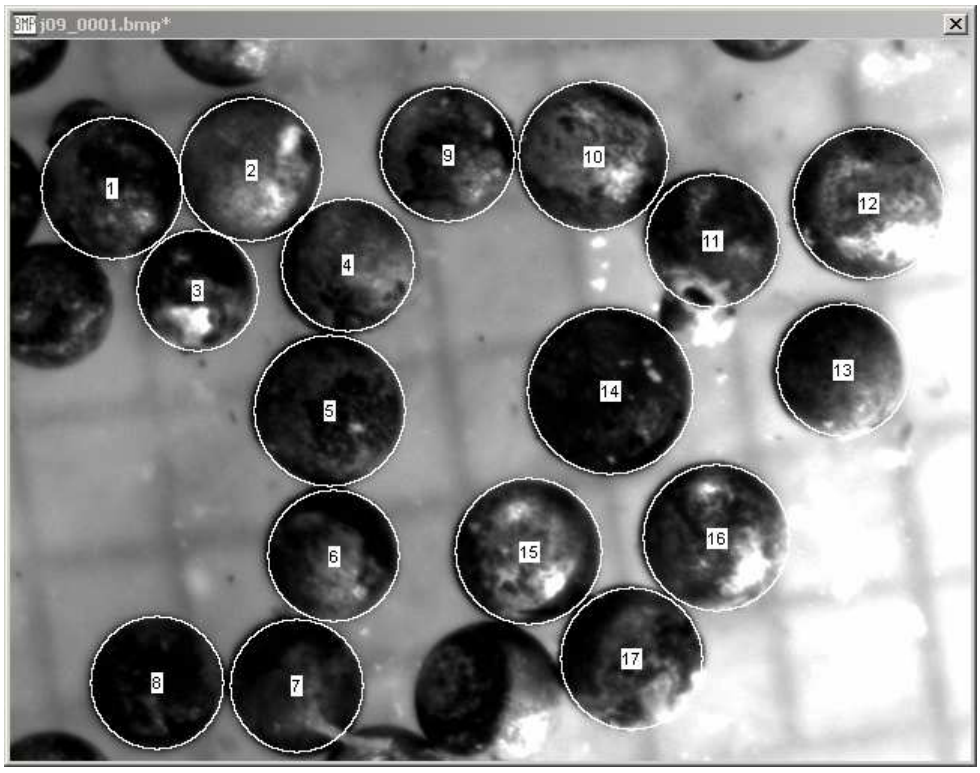


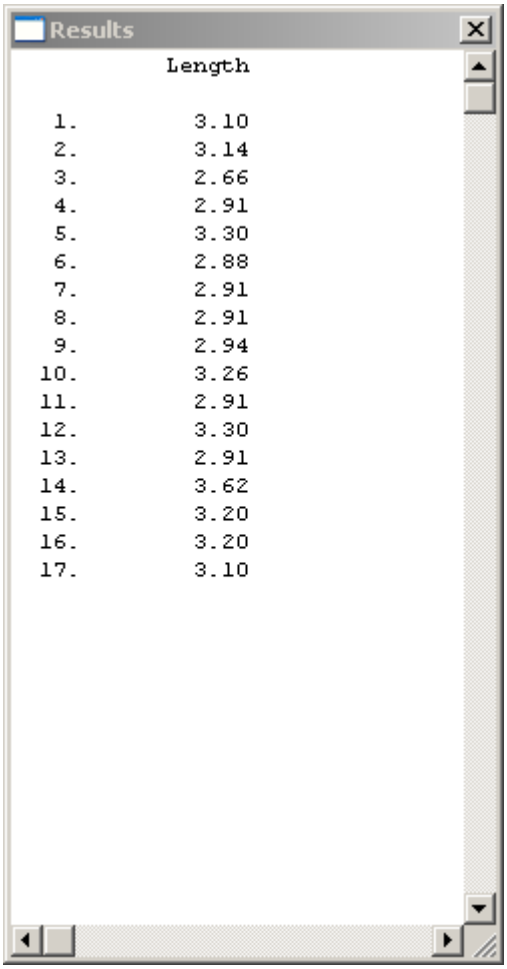

j08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



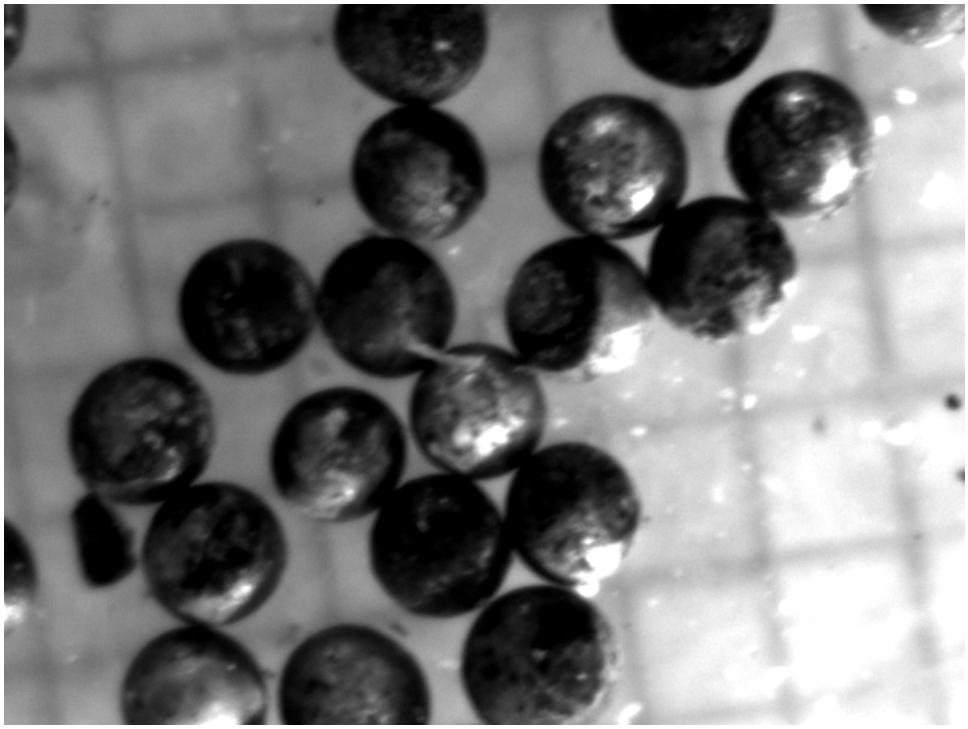
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,040	0,968	2,942
2	2,750	0,875	2,407
3	2,980	0,949	2,827
4	3,230	1,028	3,321
5	2,660	0,847	2,252
6	2,500	0,796	1,989
7	2,910	0,926	2,695
8	2,530	0,805	2,037
9	3,070	0,977	3,000
10	3,040	0,968	2,942
11	2,720	0,866	2,355
12	2,590	0,824	2,135
13	2,910	0,926	2,695



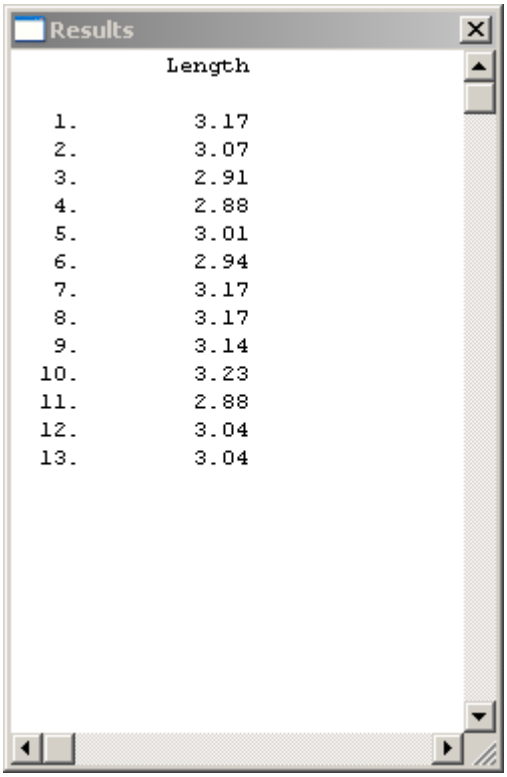

j09_0001.bmp*
1
2
9
10
12
11
4
3
13
14
5
6
15
16
17
8
7



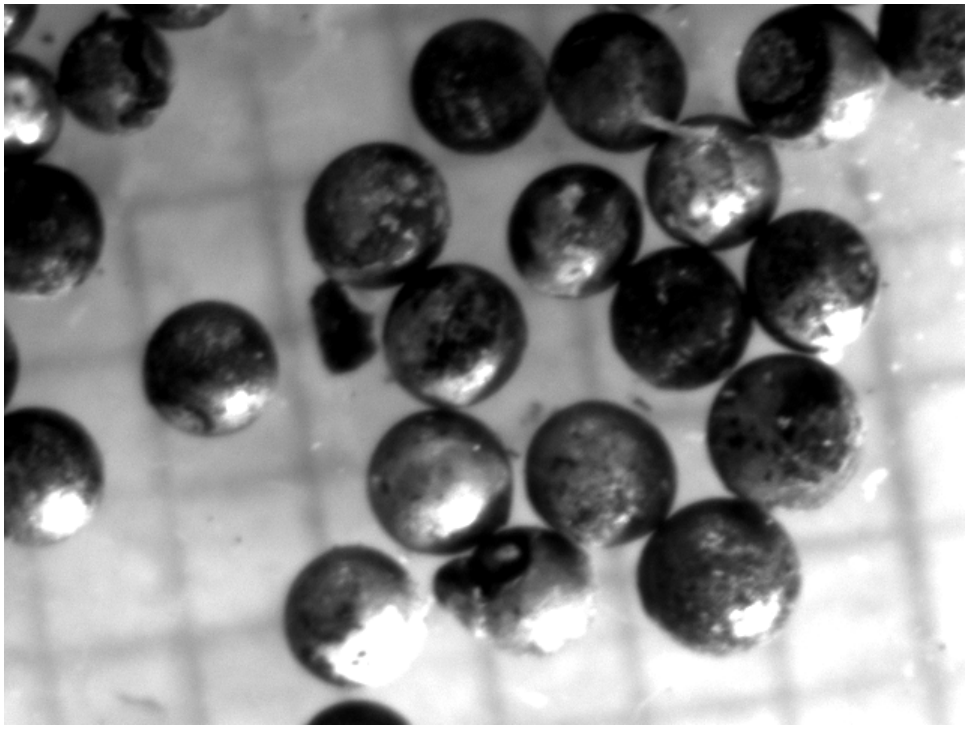
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,100	0,987	3,059
2	3,140	0,999	3,138
3	2,660	0,847	2,252
4	2,910	0,926	2,695
5	3,300	1,050	3,466
6	2,880	0,917	2,640
7	2,910	0,926	2,695
8	2,910	0,926	2,695
9	2,940	0,936	2,751
10	3,260	1,038	3,383
11	2,910	0,926	2,695
12	3,300	1,050	3,466
13	2,910	0,926	2,695
14	3,620	1,152	4,171
15	3,200	1,019	3,259
16	3,200	1,019	3,259
17	3,100	0,987	3,059



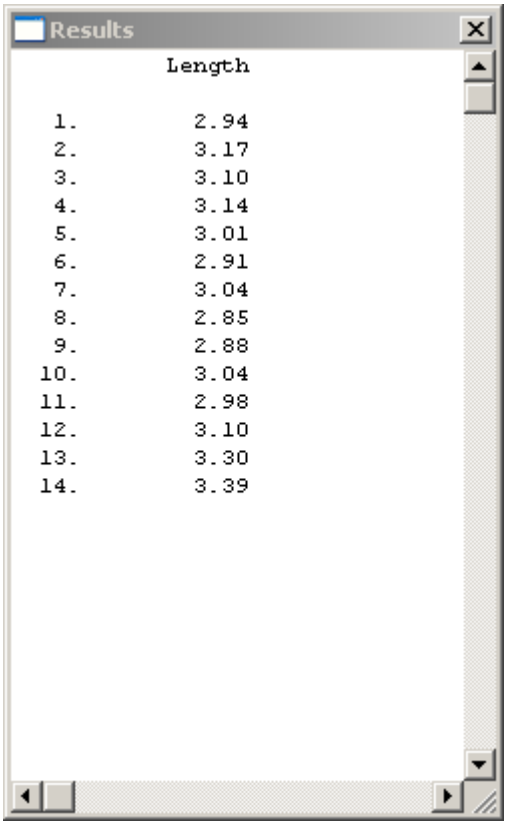

j10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



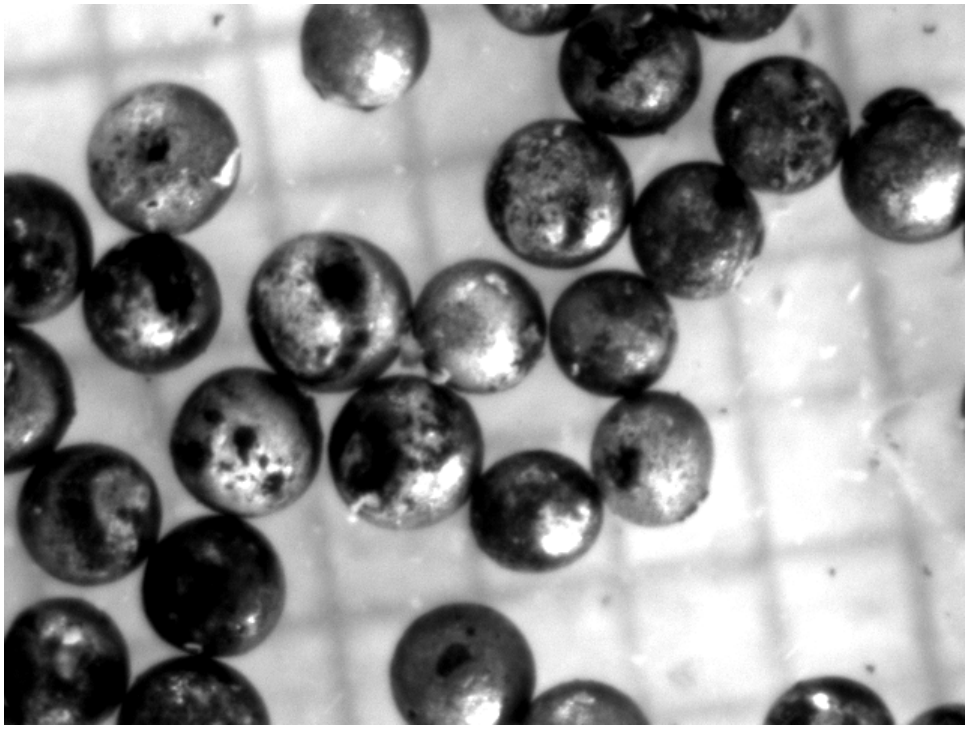
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,170	1,009	3,199
2	3,070	0,977	3,000
3	2,910	0,926	2,695
4	2,880	0,917	2,640
5	3,010	0,958	2,884
6	2,940	0,936	2,751
7	3,170	1,009	3,199
8	3,170	1,009	3,199
9	3,140	0,999	3,138
10	3,230	1,028	3,321
11	2,880	0,917	2,640
12	3,040	0,968	2,942
13	3,040	0,968	2,942



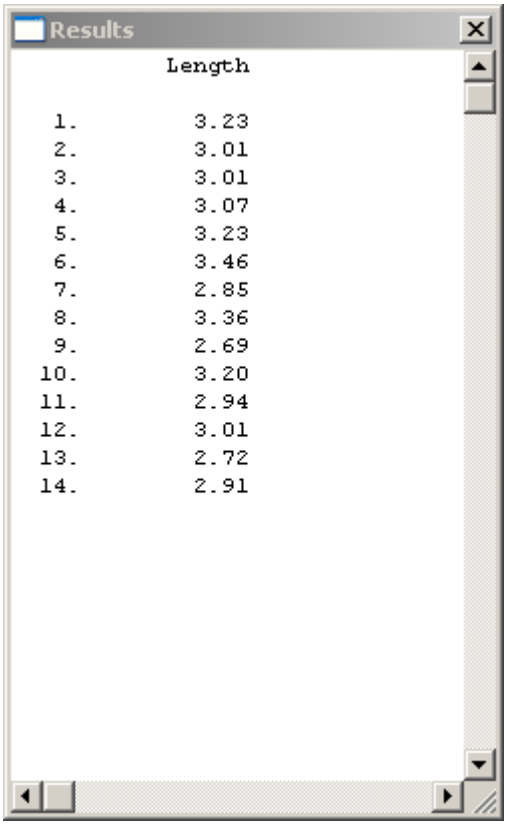

j11_0001.bmp*
6
7
8
2
9
11
10
3
1
14
4
12
13
5



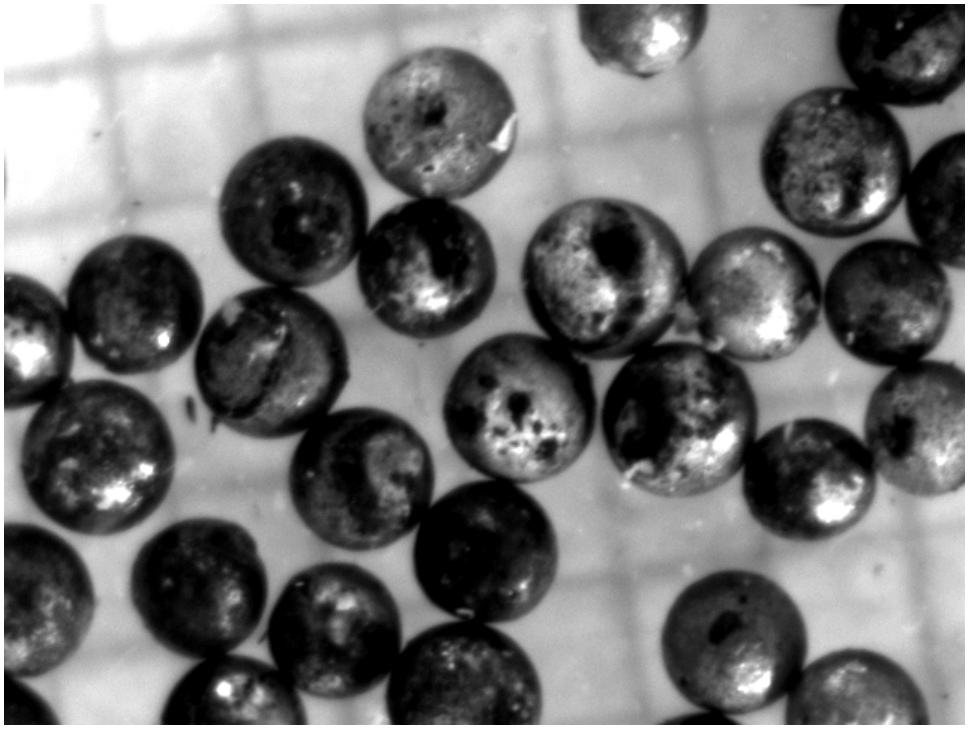
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,940	0,936	2,751
2	3,170	1,009	3,199
3	3,100	0,987	3,059
4	3,140	0,999	3,138
5	3,010	0,958	2,884
6	2,910	0,926	2,695
7	3,040	0,968	2,942
8	2,850	0,907	2,585
9	2,880	0,917	2,640
10	3,040	0,968	2,942
11	2,980	0,949	2,827
12	3,100	0,987	3,059
13	3,300	1,050	3,466
14	3,390	1,079	3,658



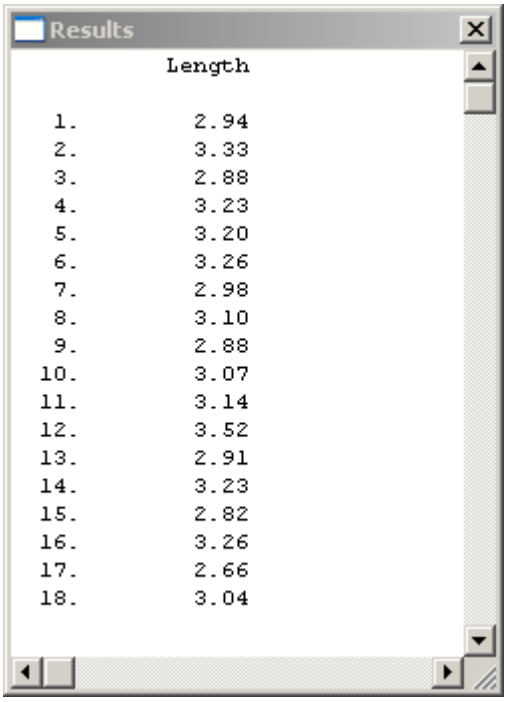

j12_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



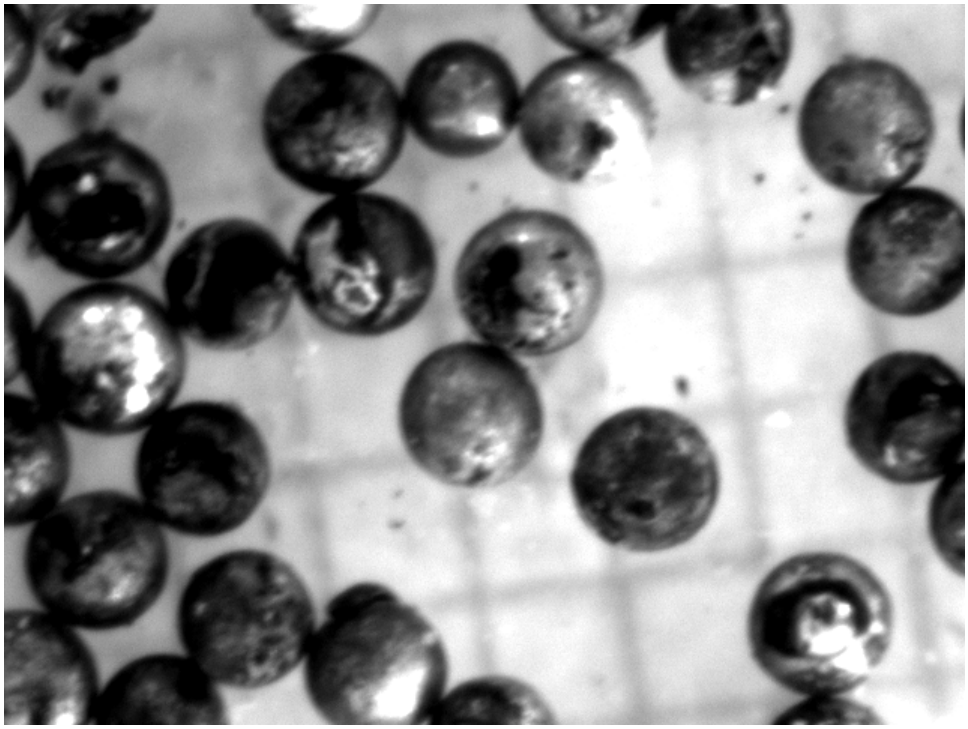
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,230	1,028	3,321
2	3,010	0,958	2,884
3	3,010	0,958	2,884
4	3,070	0,977	3,000
5	3,230	1,028	3,321
6	3,460	1,101	3,811
7	2,850	0,907	2,585
8	3,360	1,070	3,594
9	2,690	0,856	2,303
10	3,200	1,019	3,259
11	2,940	0,936	2,751
12	3,010	0,958	2,884
13	2,720	0,866	2,355
14	2,910	0,926	2,695

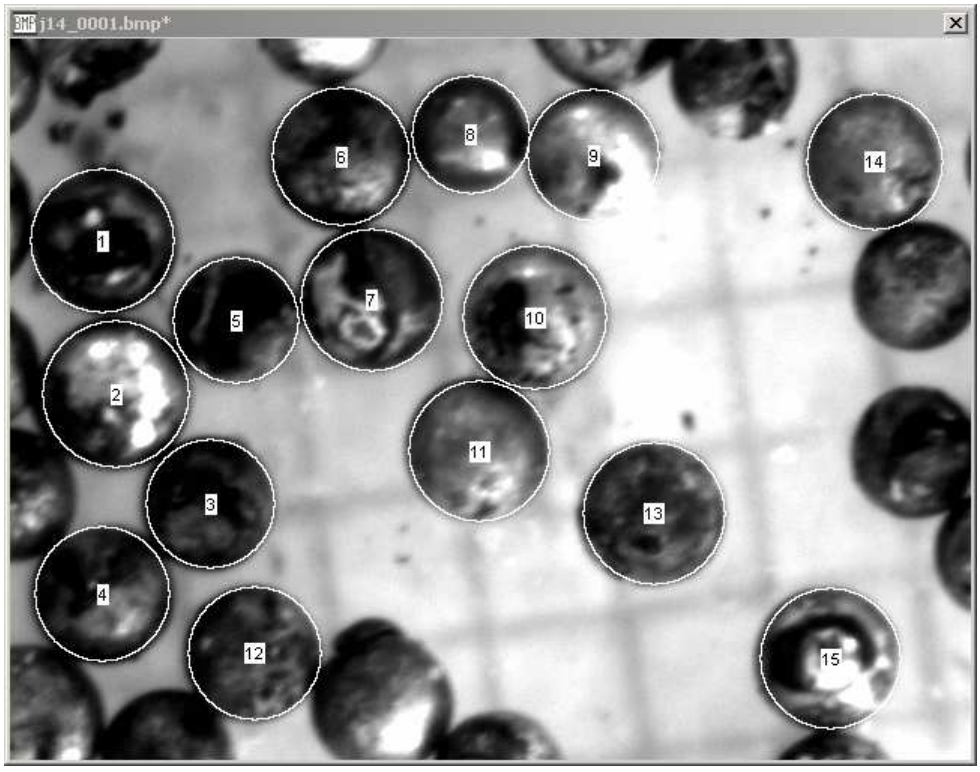


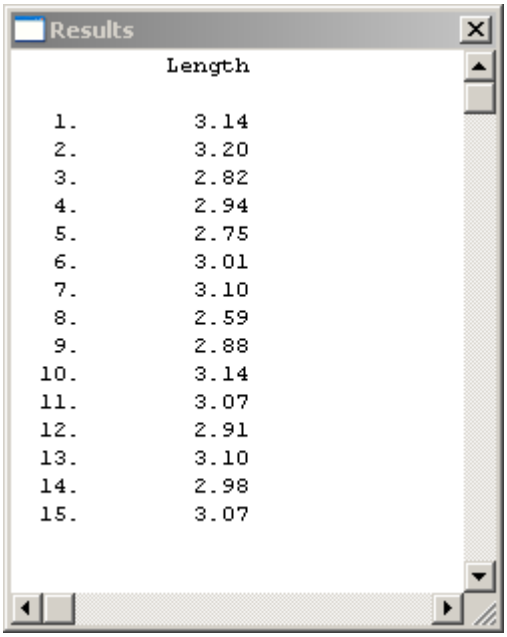

j13_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



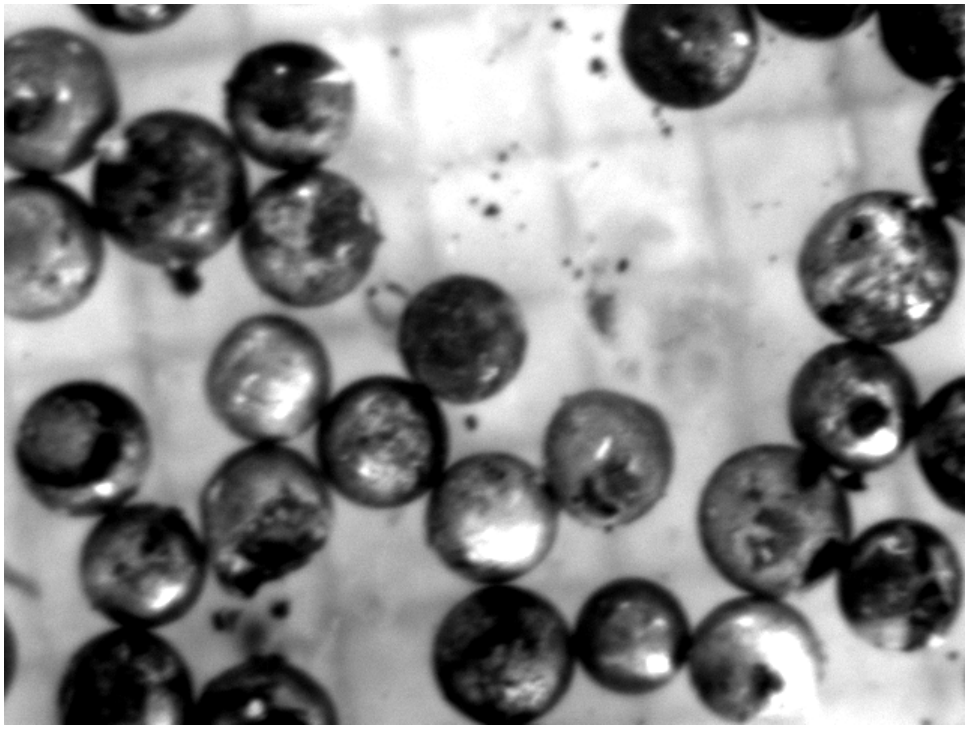
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,940	0,936	2,751
2	3,330	1,060	3,530
3	2,880	0,917	2,640
4	3,230	1,028	3,321
5	3,200	1,019	3,259
6	3,260	1,038	3,383
7	2,980	0,949	2,827
8	3,100	0,987	3,059
9	2,880	0,917	2,640
10	3,070	0,977	3,000
11	3,140	0,999	3,138
12	3,520	1,120	3,944
13	2,910	0,926	2,695
14	3,230	1,028	3,321
15	2,820	0,898	2,531
16	3,260	1,038	3,383
17	2,660	0,847	2,252
18	3,040	0,968	2,942



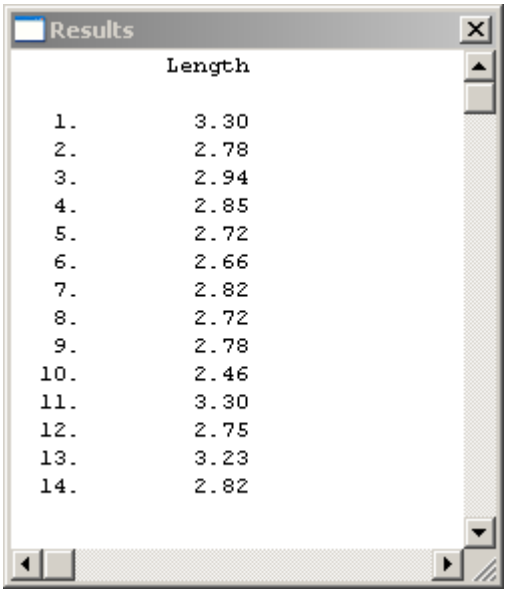

j14_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,140	0,999	3,138
2	3,200	1,019	3,259
3	2,820	0,898	2,531
4	2,940	0,936	2,751
5	2,750	0,875	2,407
6	3,010	0,958	2,884
7	3,100	0,987	3,059
8	2,590	0,824	2,135
9	2,880	0,917	2,640
10	3,140	0,999	3,138
11	3,070	0,977	3,000
12	2,910	0,926	2,695
13	3,100	0,987	3,059
14	2,980	0,949	2,827
15	3,070	0,977	3,000

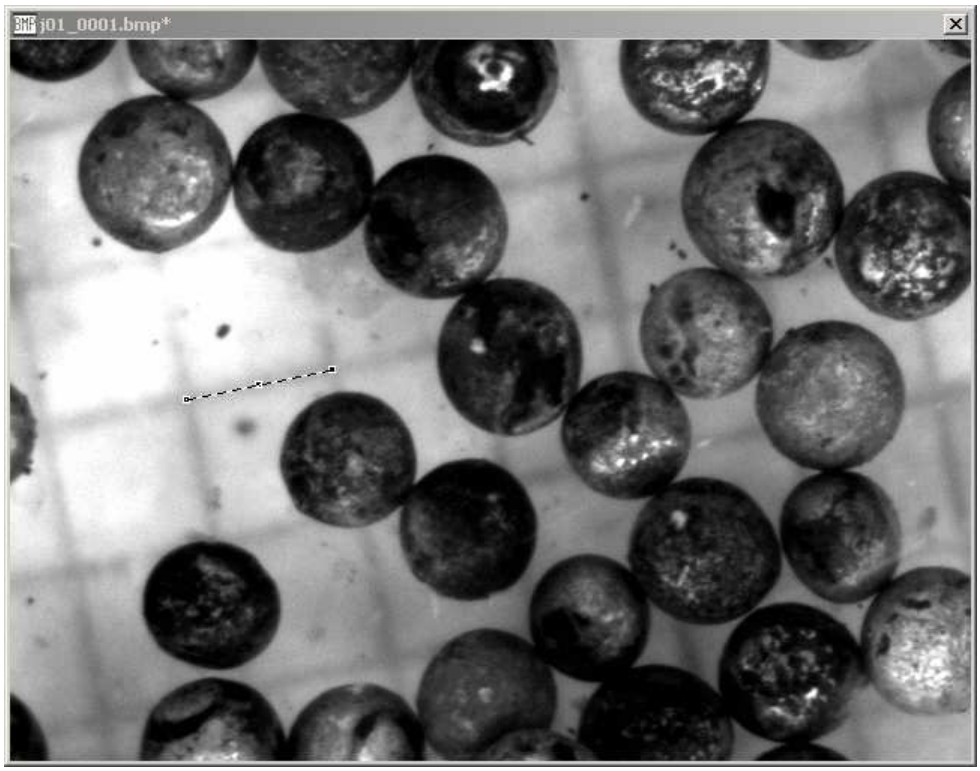


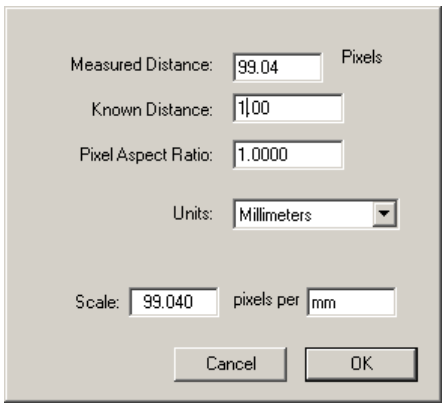

j15_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

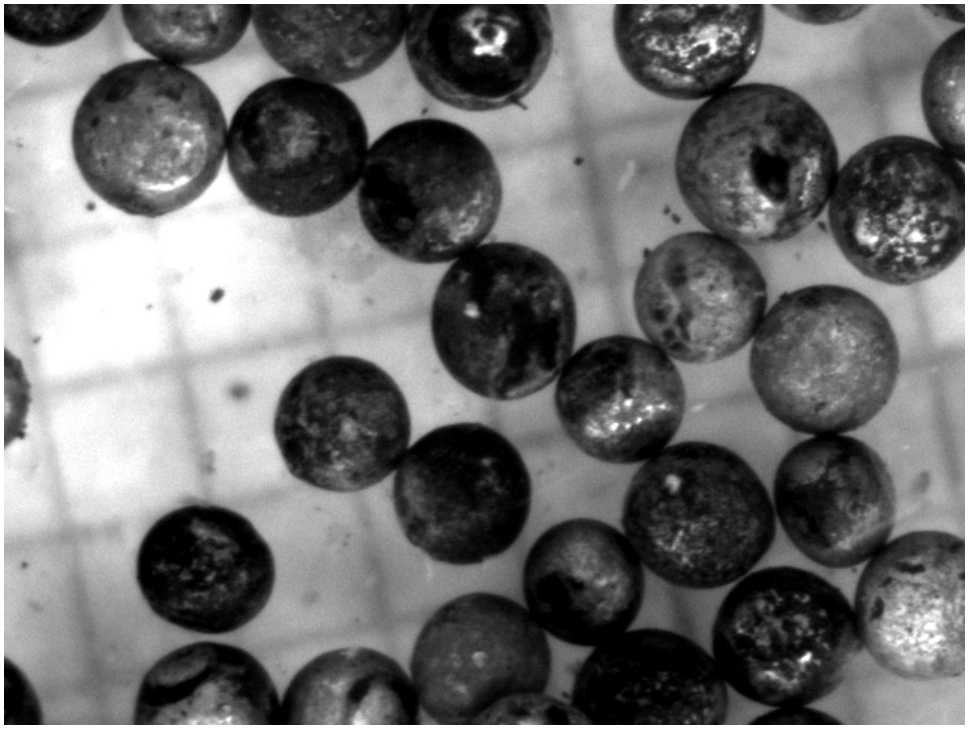


	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,300	1,050	3,466
2	2,780	0,885	2,460
3	2,940	0,936	2,751
4	2,850	0,907	2,585
5	2,720	0,866	2,355
6	2,660	0,847	2,252
7	2,820	0,898	2,531
8	2,720	0,866	2,355
9	2,780	0,885	2,460
10	2,460	0,783	1,926
11	3,300	1,050	3,466
12	2,750	0,875	2,407
13	3,230	1,028	3,321
14	2,820	0,898	2,531

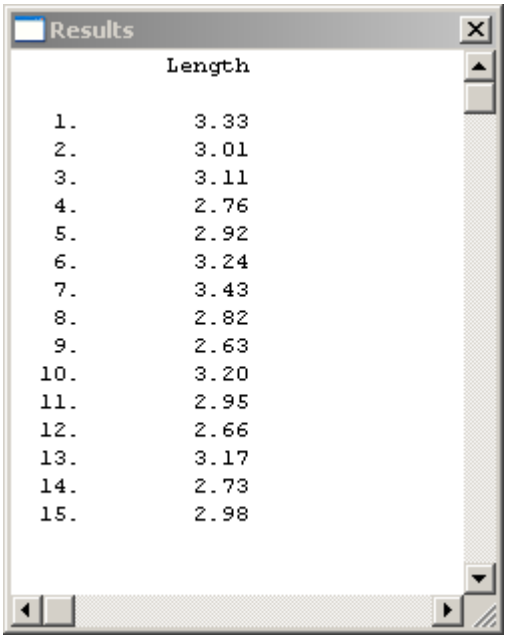
D.2.3 DIA 6 (27-ABRIL-2009)



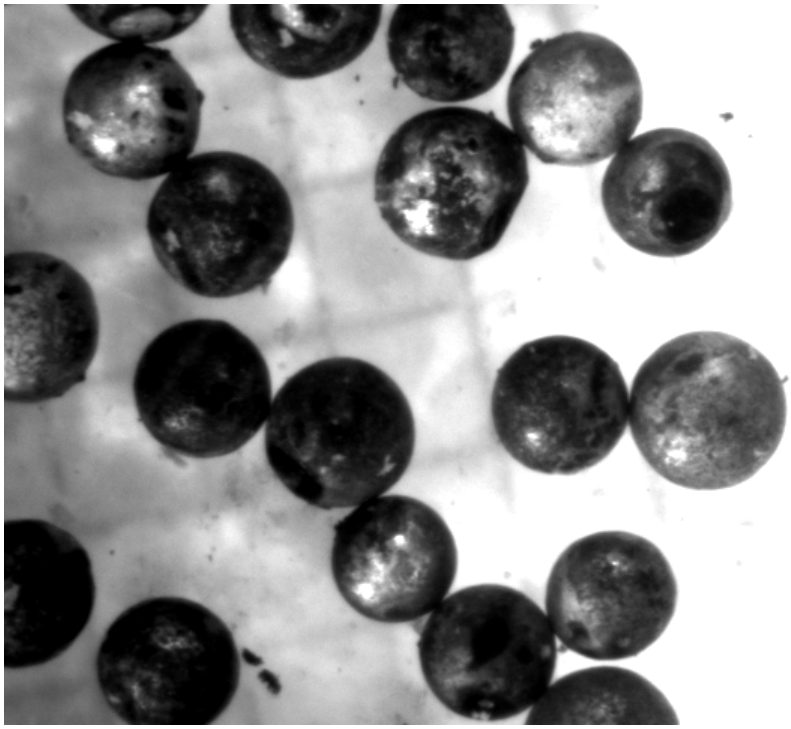


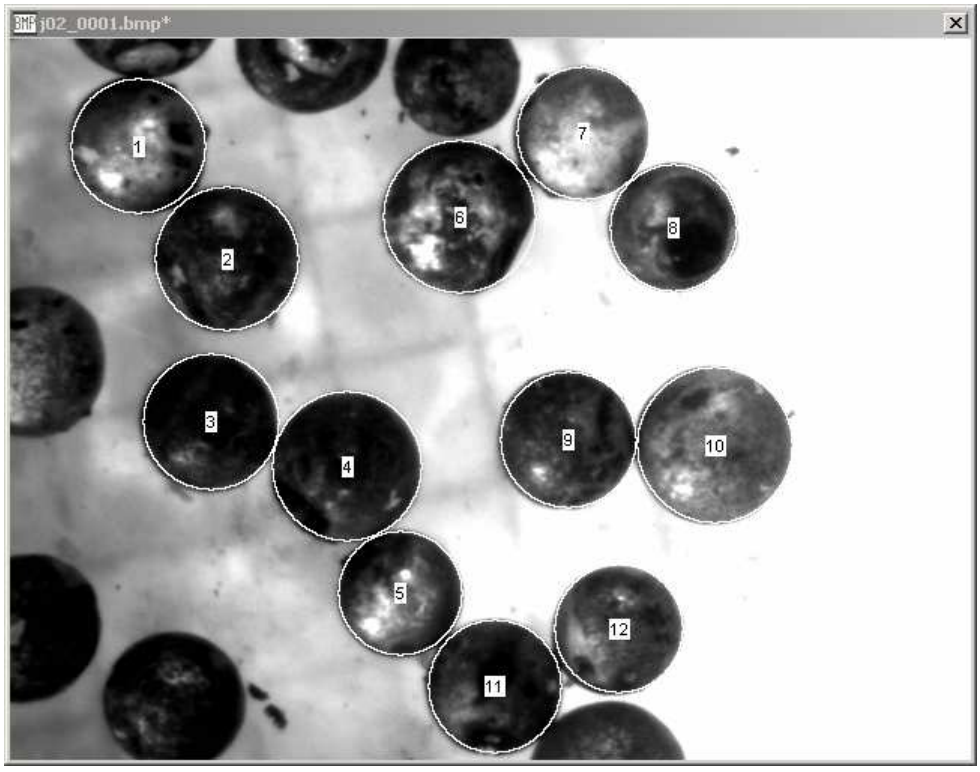


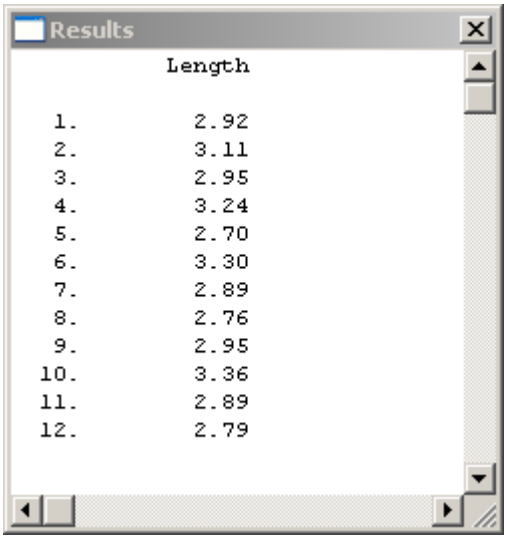

j01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



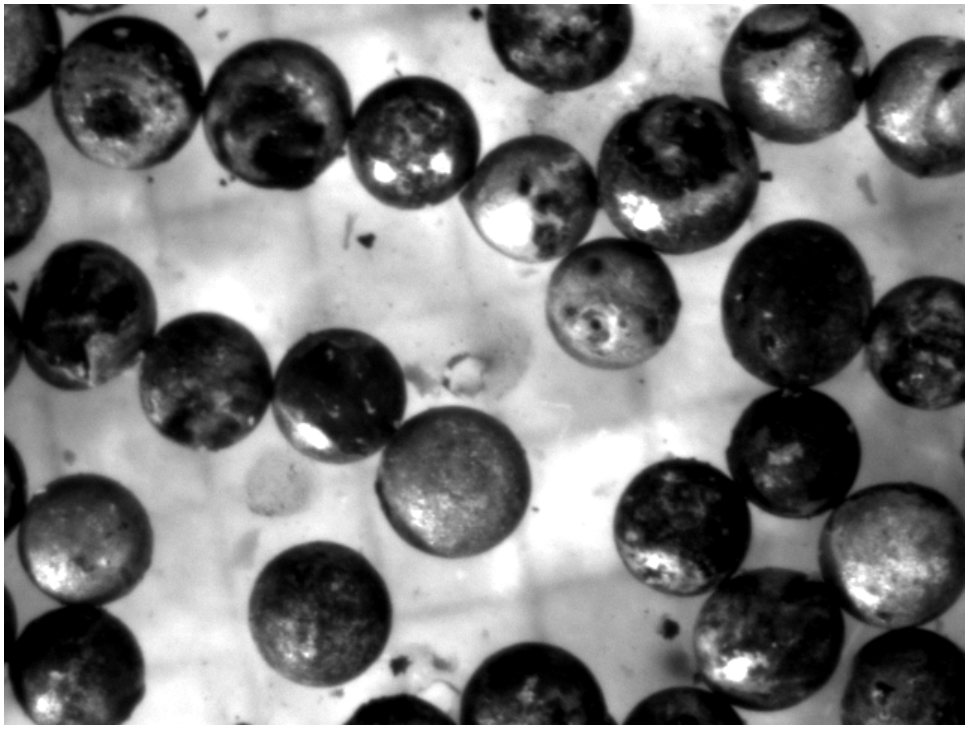
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,330	1,060	3,530
2	3,010	0,958	2,884
3	3,110	0,990	3,079
4	2,760	0,879	2,425
5	2,920	0,929	2,714
6	3,240	1,031	3,341
7	3,430	1,092	3,745
8	2,820	0,898	2,531
9	2,630	0,837	2,202
10	3,200	1,019	3,259
11	2,950	0,939	2,770
12	2,660	0,847	2,252
13	3,170	1,009	3,199
14	2,730	0,869	2,372
15	2,980	0,949	2,827



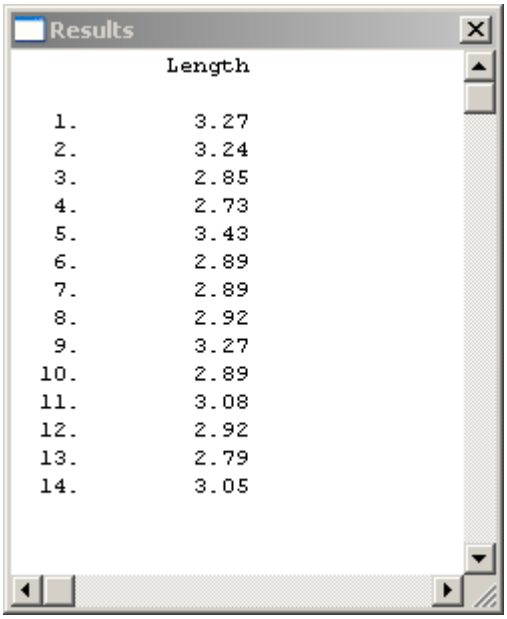

j02_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12



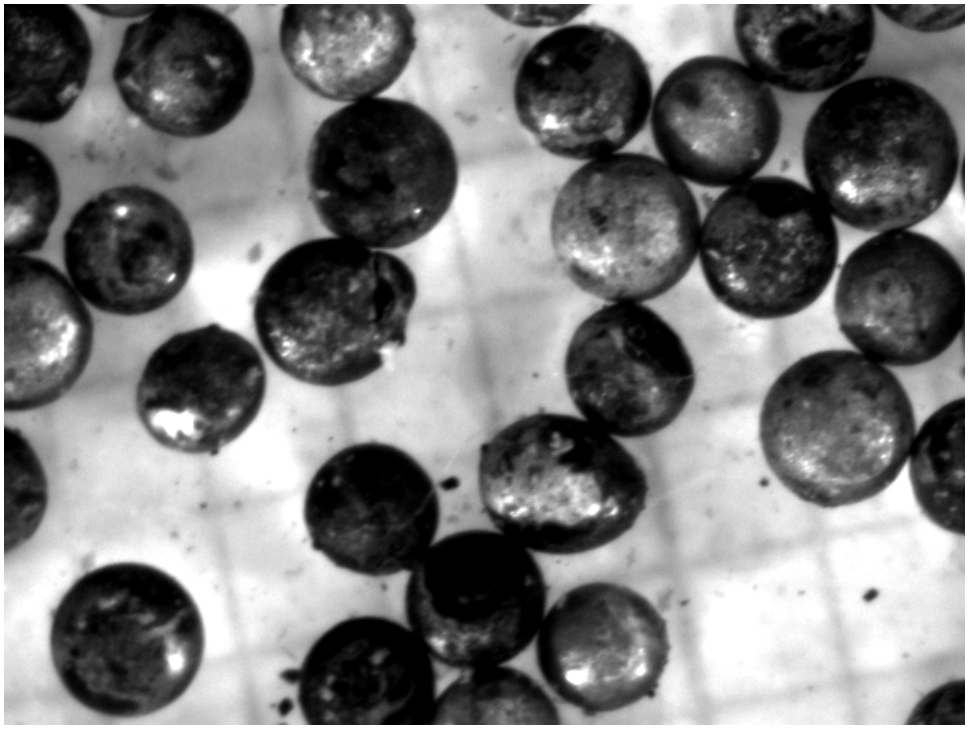
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,920	0,929	2,714
2	3,110	0,990	3,079
3	2,950	0,939	2,770
4	3,240	1,031	3,341
5	2,700	0,859	2,320
6	3,300	1,050	3,466
7	2,890	0,920	2,659
8	2,760	0,879	2,425
9	2,950	0,939	2,770
10	3,360	1,070	3,594
11	2,890	0,920	2,659
12	2,790	0,888	2,478



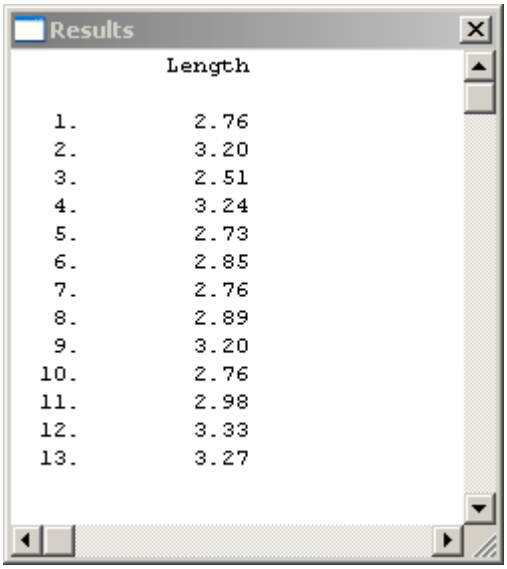

j03_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



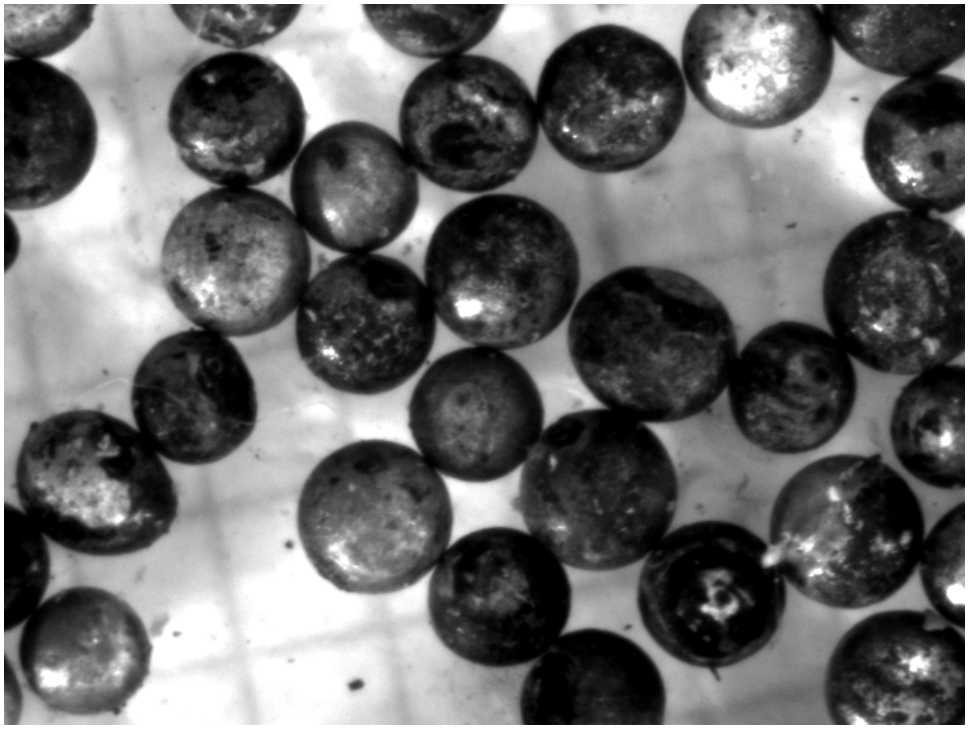
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,270	1,041	3,404
2	3,240	1,031	3,341
3	2,850	0,907	2,585
4	2,730	0,869	2,372
5	3,430	1,092	3,745
6	2,890	0,920	2,659
7	2,890	0,920	2,659
8	2,920	0,929	2,714
9	3,270	1,041	3,404
10	2,890	0,920	2,659
11	3,080	0,980	3,020
12	2,920	0,929	2,714
13	2,790	0,888	2,478
14	3,050	0,971	2,961



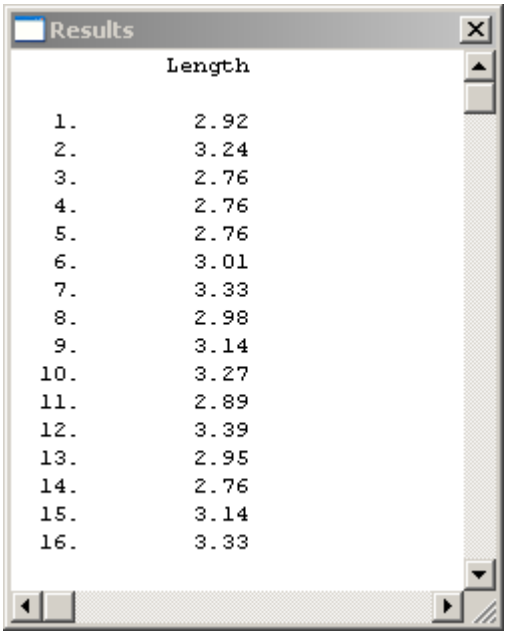

j04_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



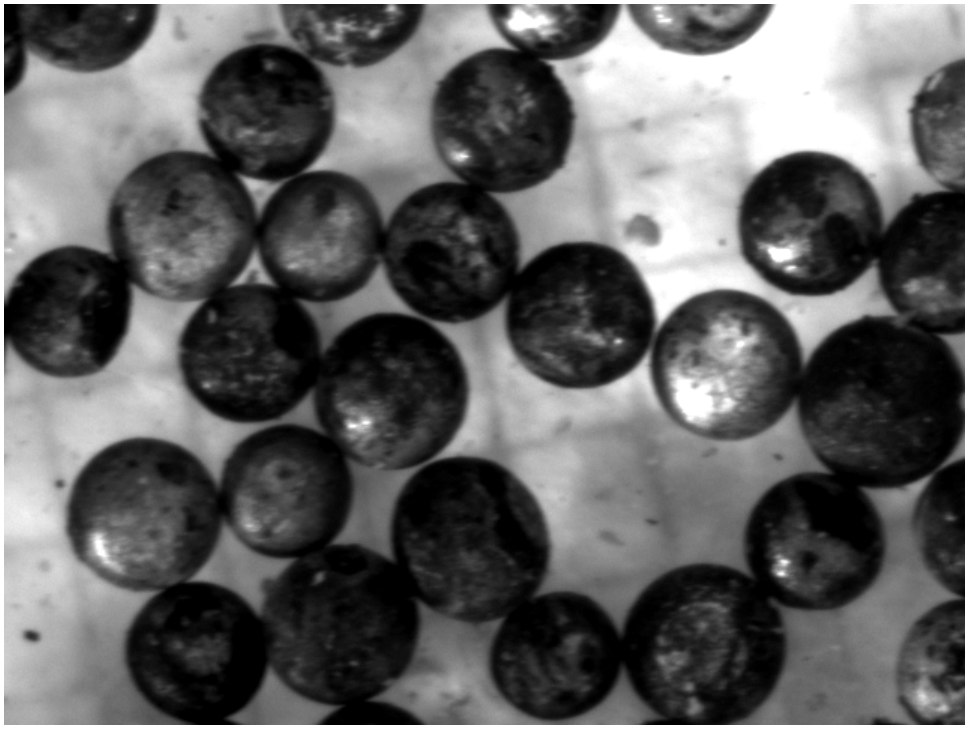
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,760	0,879	2,425
2	3,200	1,019	3,259
3	2,510	0,799	2,005
4	3,240	1,031	3,341
5	2,730	0,869	2,372
6	2,850	0,907	2,585
7	2,760	0,879	2,425
8	2,890	0,920	2,659
9	3,200	1,019	3,259
10	2,760	0,879	2,425
11	2,980	0,949	2,827
12	3,330	1,060	3,530
13	3,270	1,041	3,404



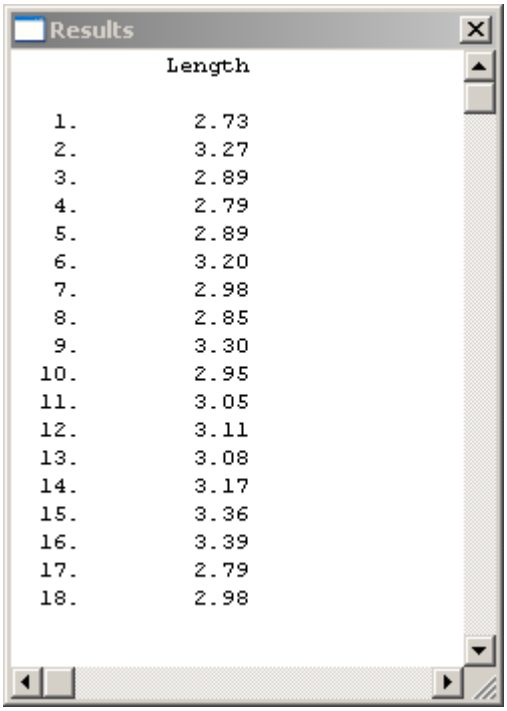

j05_0001.bmp*
1
8
9
5
2
7
6
3
11
14
12
10
16
13
15
4



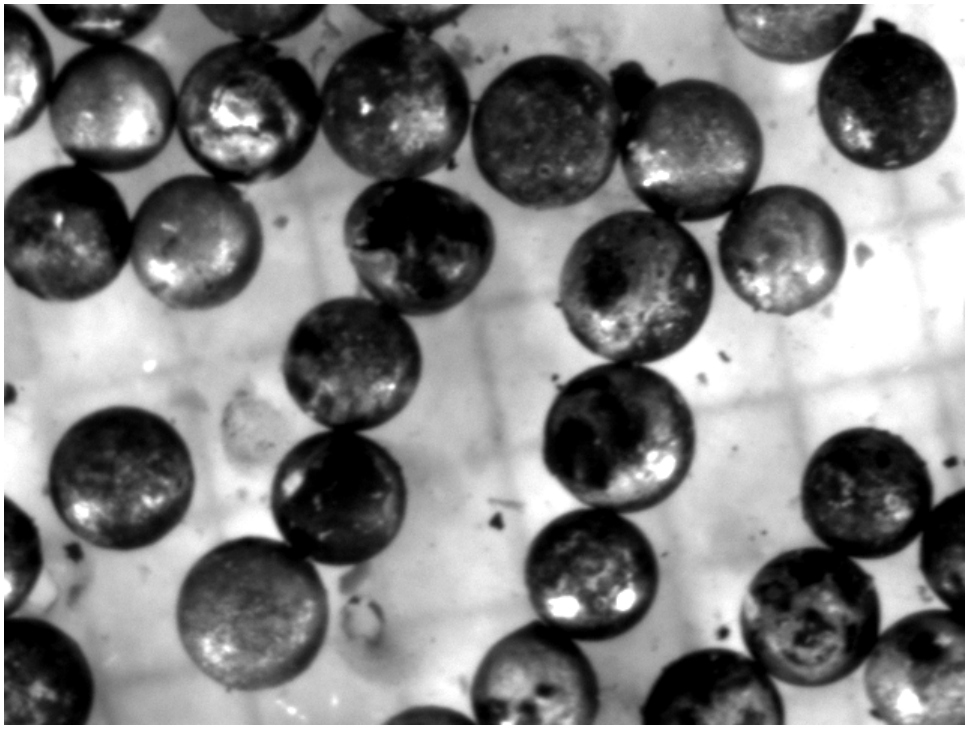
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,920	0,929	2,714
2	3,240	1,031	3,341
3	2,760	0,879	2,425
4	2,760	0,879	2,425
5	2,760	0,879	2,425
6	3,010	0,958	2,884
7	3,330	1,060	3,530
8	2,980	0,949	2,827
9	3,140	0,999	3,138
10	3,270	1,041	3,404
11	2,890	0,920	2,659
12	3,390	1,079	3,658
13	2,950	0,939	2,770
14	2,760	0,879	2,425
15	3,140	0,999	3,138
16	3,330	1,060	3,530



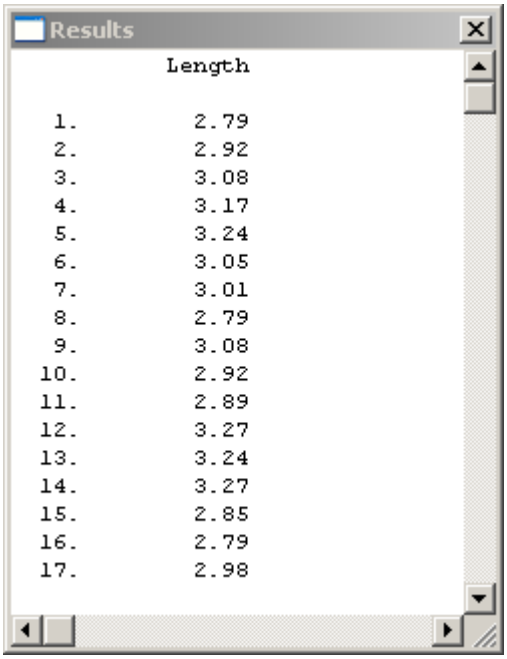

j06_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



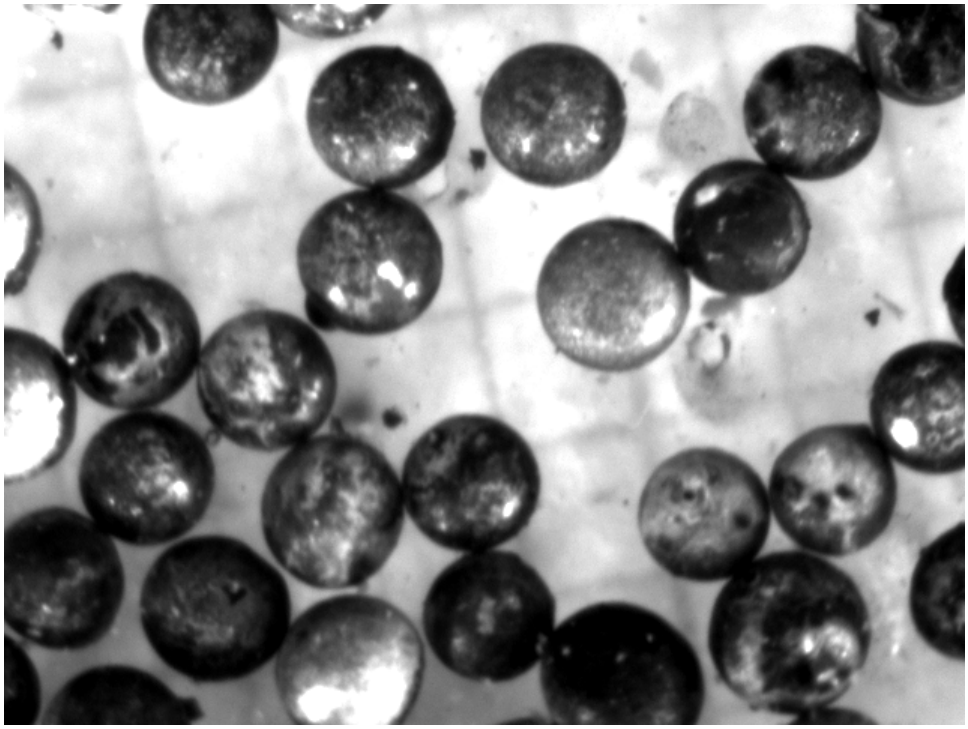
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,730	0,869	2,372
2	3,270	1,041	3,404
3	2,890	0,920	2,659
4	2,790	0,888	2,478
5	2,890	0,920	2,659
6	3,200	1,019	3,259
7	2,980	0,949	2,827
8	2,850	0,907	2,585
9	3,300	1,050	3,466
10	2,950	0,939	2,770
11	3,050	0,971	2,961
12	3,110	0,990	3,079
13	3,080	0,980	3,020
14	3,170	1,009	3,199
15	3,360	1,070	3,594
16	3,390	1,079	3,658
17	2,790	0,888	2,478
18	2,980	0,949	2,827



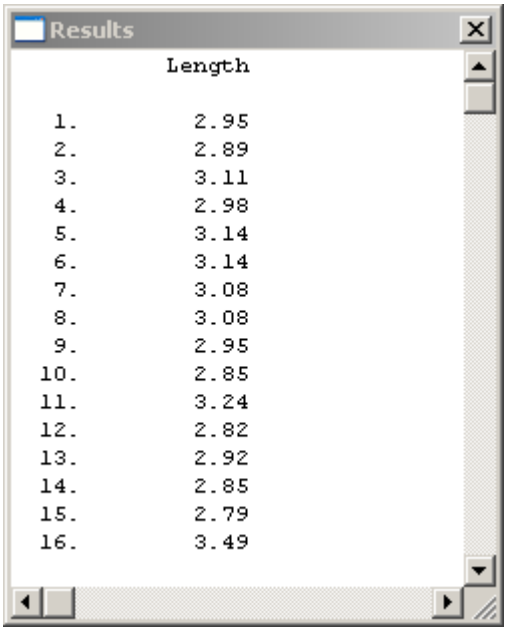

j07_0001.bmp*
1
3
4
5
6
7
2
8
13
10
14
9
11
16
15
12
17



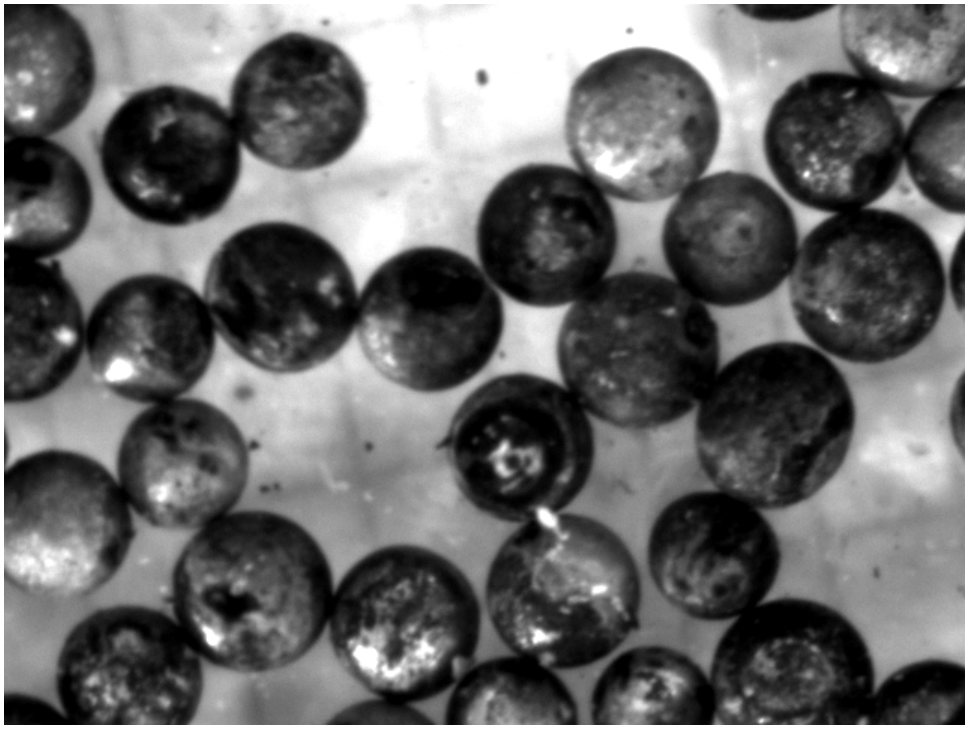
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,790	0,888	2,478
2	2,920	0,929	2,714
3	3,080	0,980	3,020
4	3,170	1,009	3,199
5	3,240	1,031	3,341
6	3,050	0,971	2,961
7	3,010	0,958	2,884
8	2,790	0,888	2,478
9	3,080	0,980	3,020
10	2,920	0,929	2,714
11	2,890	0,920	2,659
12	3,270	1,041	3,404
13	3,240	1,031	3,341
14	3,270	1,041	3,404
15	2,850	0,907	2,585
16	2,790	0,888	2,478
17	2,980	0,949	2,827



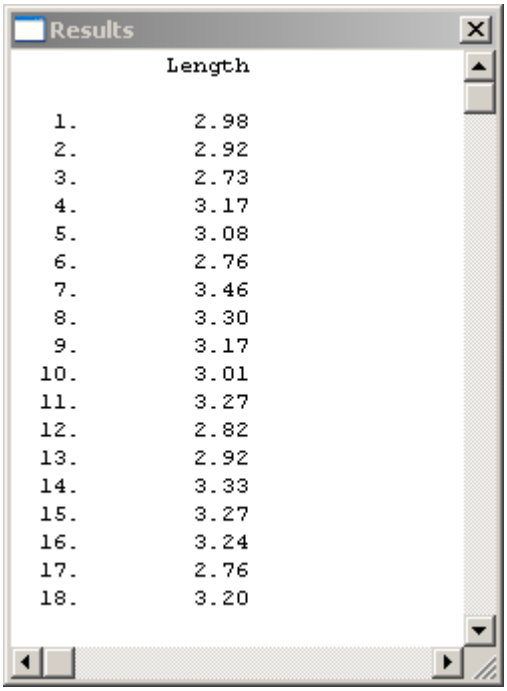

j08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



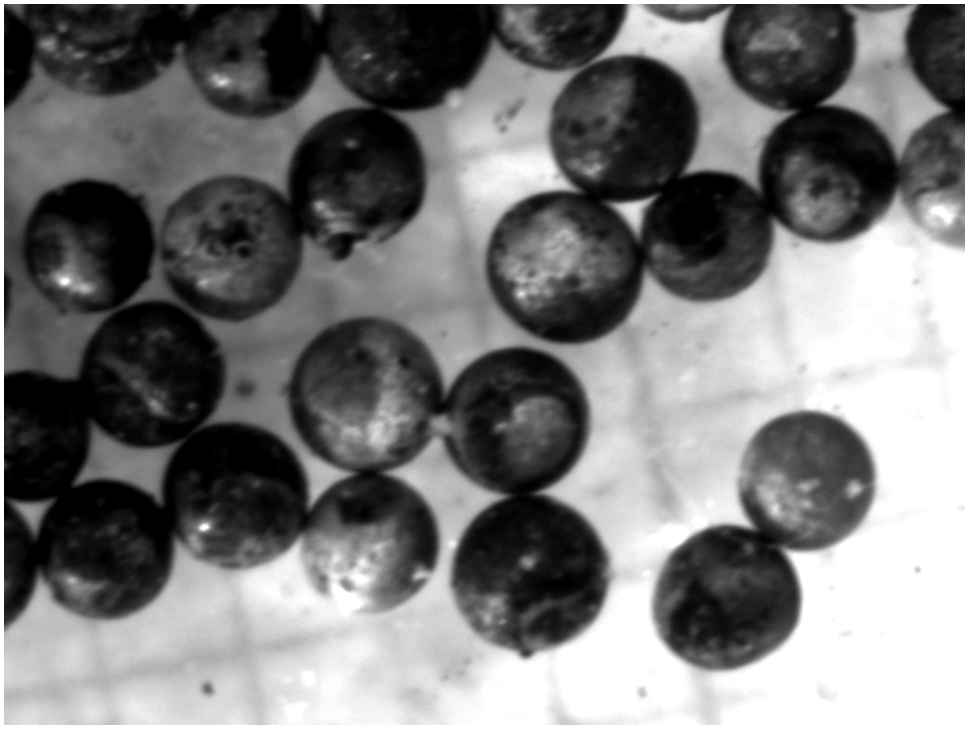
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,950	0,939	2,770
2	2,890	0,920	2,659
3	3,110	0,990	3,079
4	2,980	0,949	2,827
5	3,140	0,999	3,138
6	3,140	0,999	3,138
7	3,080	0,980	3,020
8	3,080	0,980	3,020
9	2,950	0,939	2,770
10	2,850	0,907	2,585
11	3,240	1,031	3,341
12	2,820	0,898	2,531
13	2,920	0,929	2,714
14	2,850	0,907	2,585
15	2,790	0,888	2,478
16	3,490	1,111	3,877



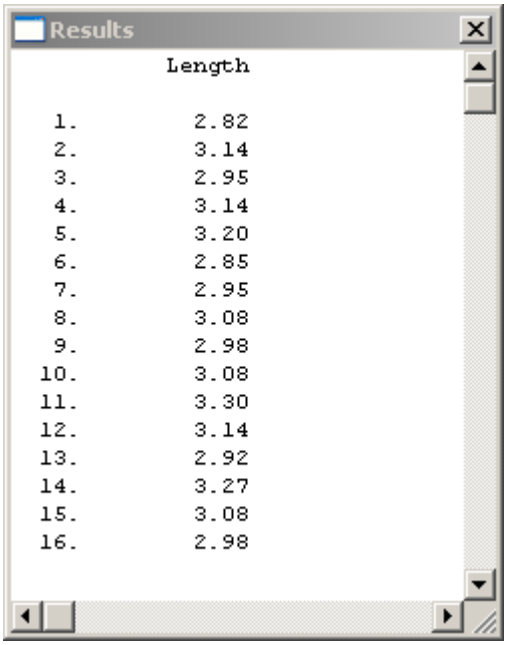

j09_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



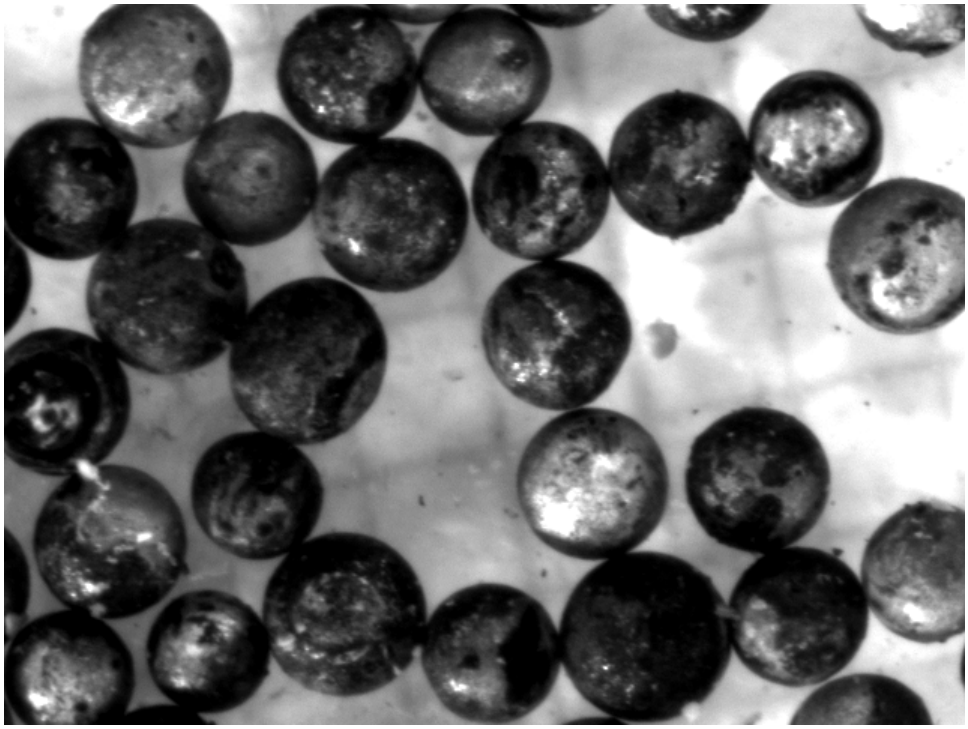
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,980	0,949	2,827
2	2,920	0,929	2,714
3	2,730	0,869	2,372
4	3,170	1,009	3,199
5	3,080	0,980	3,020
6	2,760	0,879	2,425
7	3,460	1,101	3,811
8	3,300	1,050	3,466
9	3,170	1,009	3,199
10	3,010	0,958	2,884
11	3,270	1,041	3,404
12	2,820	0,898	2,531
13	2,920	0,929	2,714
14	3,330	1,060	3,530
15	3,270	1,041	3,404
16	3,240	1,031	3,341
17	2,760	0,879	2,425
18	3,200	1,019	3,259



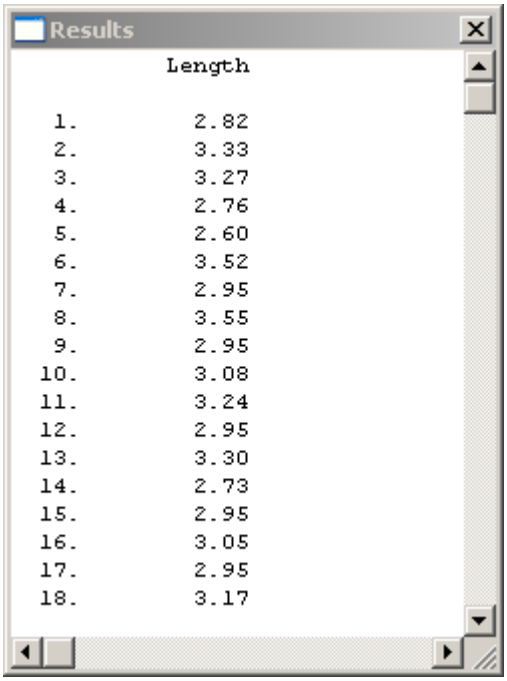

j10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



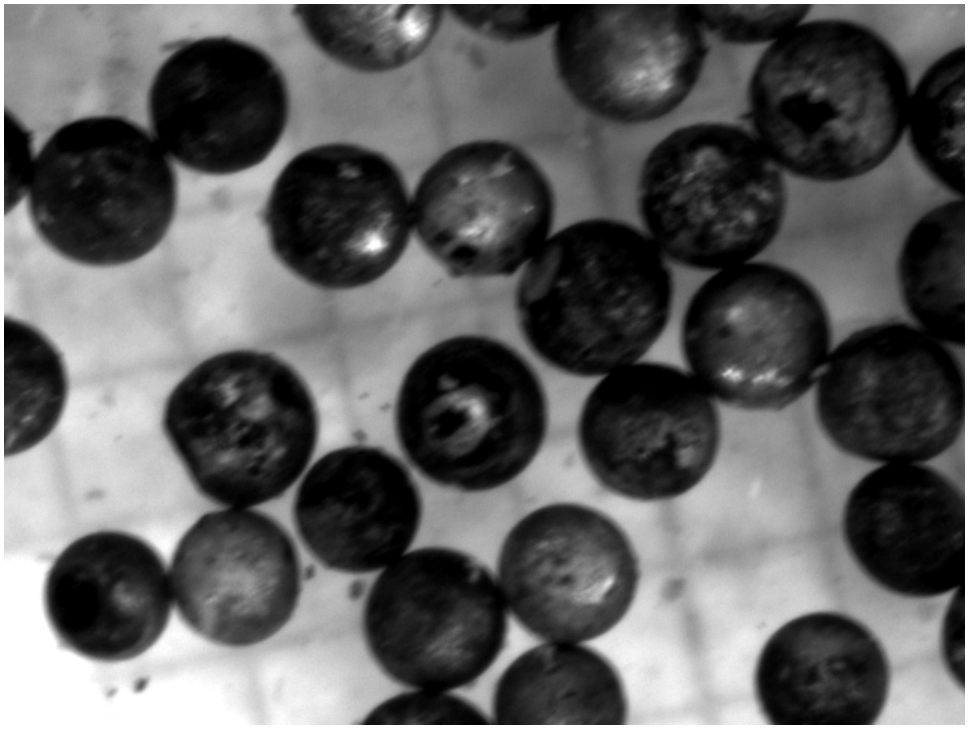
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,820	0,898	2,531
2	3,140	0,999	3,138
3	2,950	0,939	2,770
4	3,140	0,999	3,138
5	3,200	1,019	3,259
6	2,850	0,907	2,585
7	2,950	0,939	2,770
8	3,080	0,980	3,020
9	2,980	0,949	2,827
10	3,080	0,980	3,020
11	3,300	1,050	3,466
12	3,140	0,999	3,138
13	2,920	0,929	2,714
14	3,270	1,041	3,404
15	3,080	0,980	3,020
16	2,980	0,949	2,827



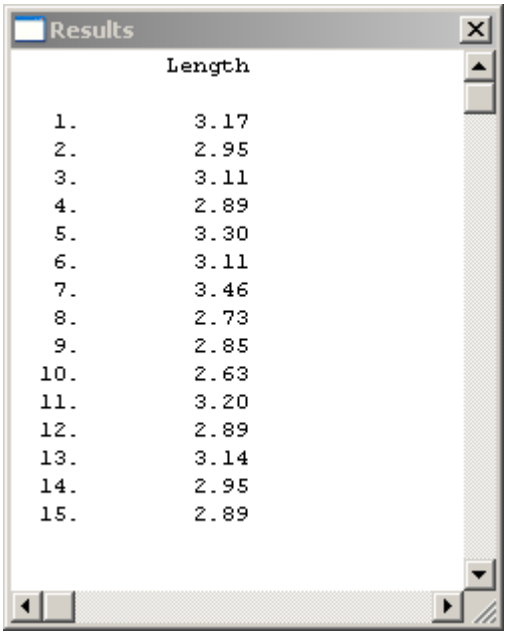

j11_0001.bmp*
12
14
17
1
16
15
13
2
18
4
11
10
3
6
9
5
7
8



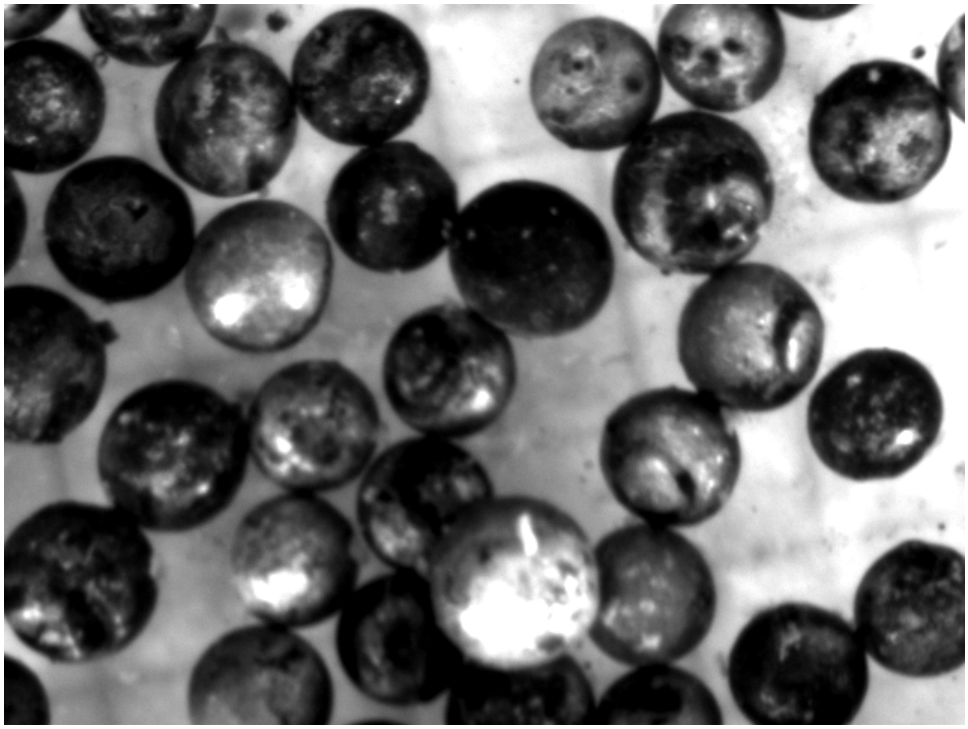
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,820	0,898	2,531
2	3,330	1,060	3,530
3	3,270	1,041	3,404
4	2,760	0,879	2,425
5	2,600	0,828	2,152
6	3,520	1,120	3,944
7	2,950	0,939	2,770
8	3,550	1,130	4,012
9	2,950	0,939	2,770
10	3,080	0,980	3,020
11	3,240	1,031	3,341
12	2,950	0,939	2,770
13	3,300	1,050	3,466
14	2,730	0,869	2,372
15	2,950	0,939	2,770
16	3,050	0,971	2,961
17	2,950	0,939	2,770
18	3,170	1,009	3,199



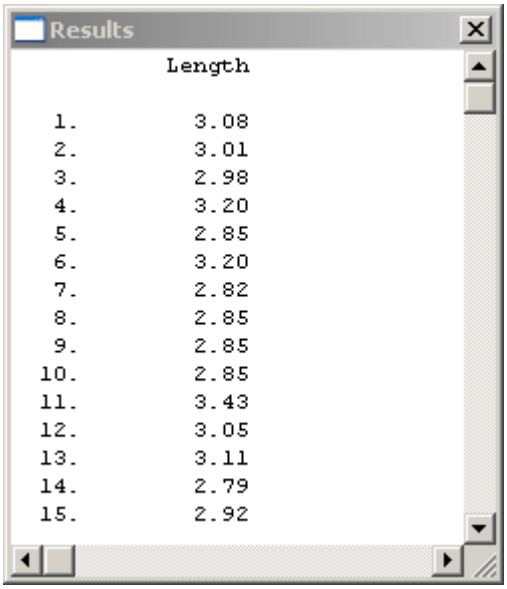

j12_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



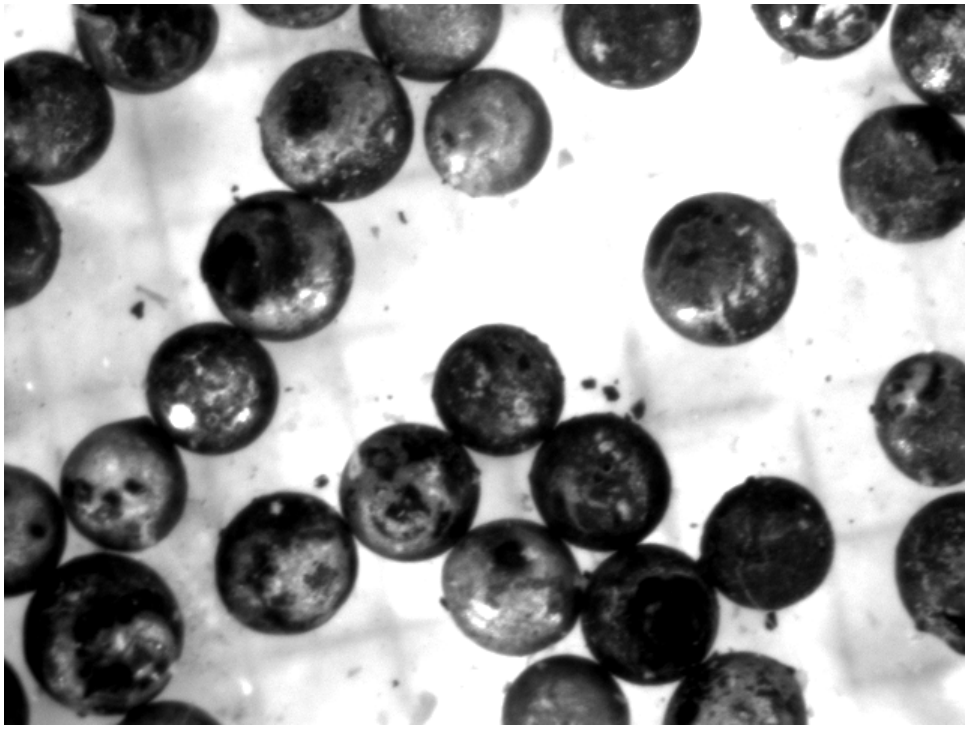
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,170	1,009	3,199
2	2,950	0,939	2,770
3	3,110	0,990	3,079
4	2,890	0,920	2,659
5	3,300	1,050	3,466
6	3,110	0,990	3,079
7	3,460	1,101	3,811
8	2,730	0,869	2,372
9	2,850	0,907	2,585
10	2,630	0,837	2,202
11	3,200	1,019	3,259
12	2,890	0,920	2,659
13	3,140	0,999	3,138
14	2,950	0,939	2,770
15	2,890	0,920	2,659

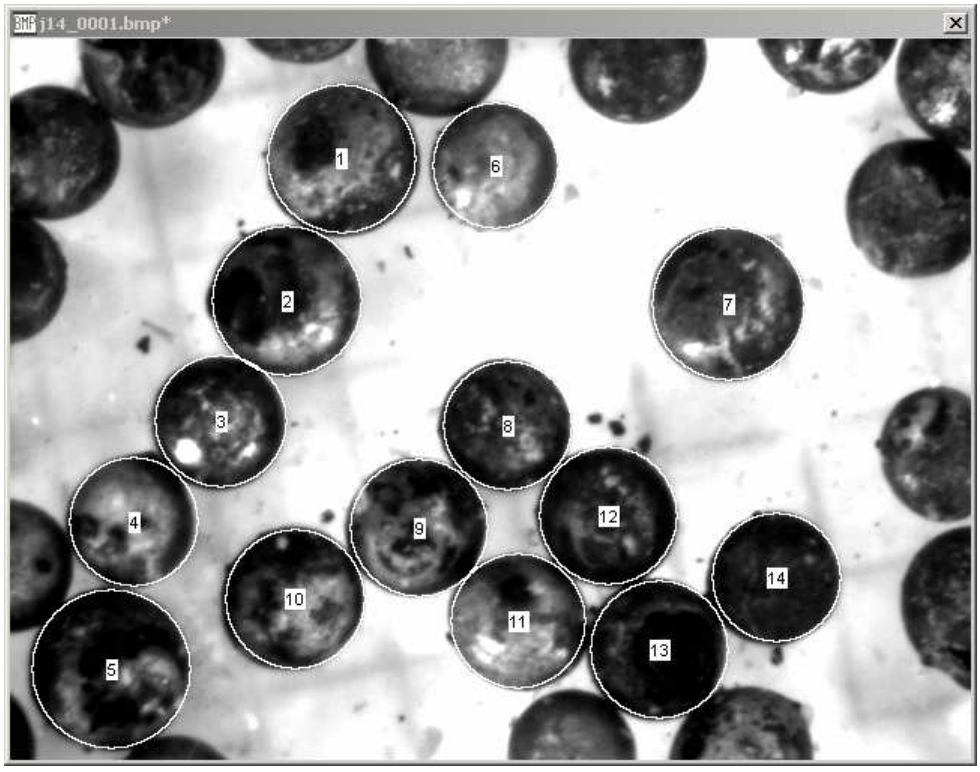


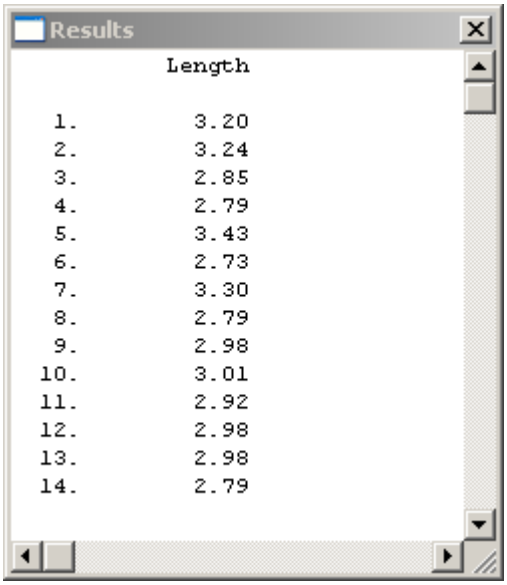

j13_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



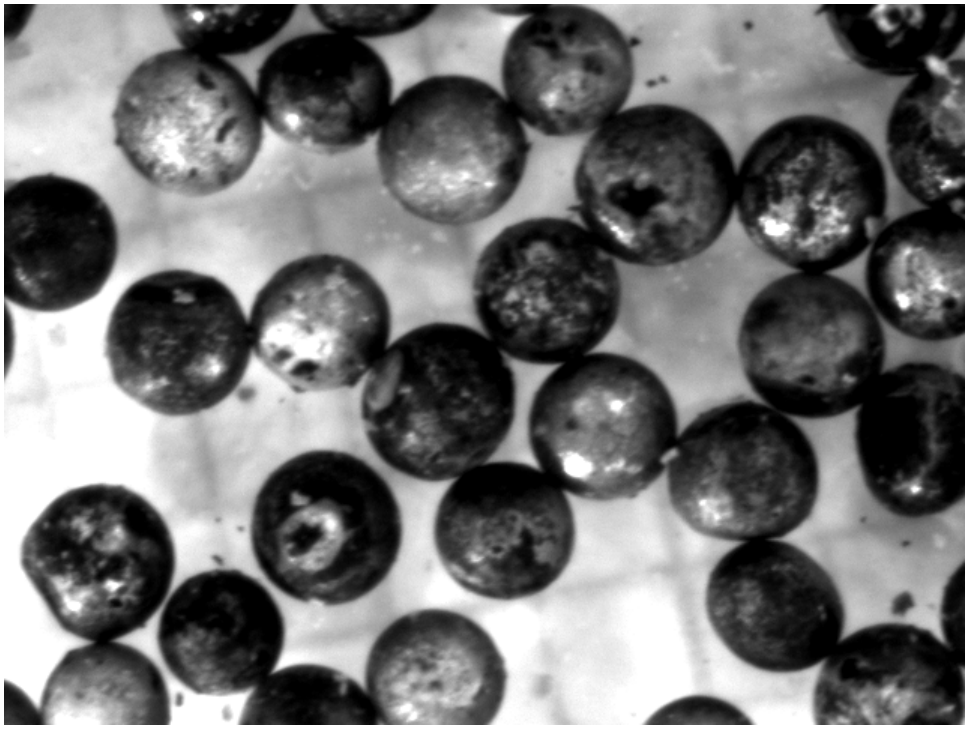
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,080	0,980	3,020
2	3,010	0,958	2,884
3	2,980	0,949	2,827
4	3,200	1,019	3,259
5	2,850	0,907	2,585
6	3,200	1,019	3,259
7	2,820	0,898	2,531
8	2,850	0,907	2,585
9	2,850	0,907	2,585
10	2,850	0,907	2,585
11	3,430	1,092	3,745
12	3,050	0,971	2,961
13	3,110	0,990	3,079
14	2,790	0,888	2,478
15	2,920	0,929	2,714



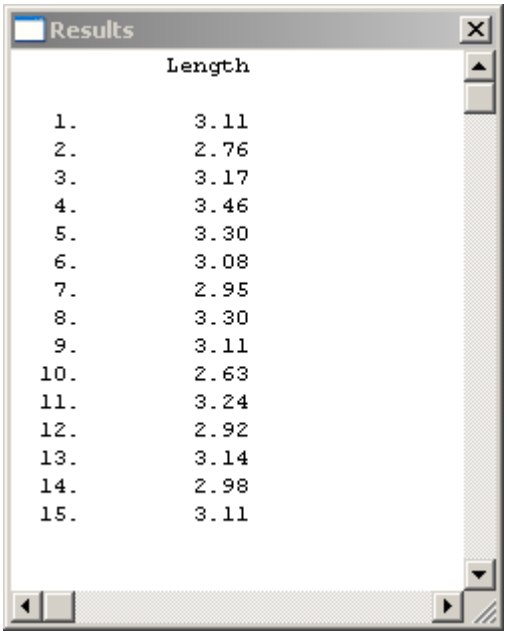

j14_0001.bmp*
1
6
2
7
3
8
4
9
12
10
14
11
13
5



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,200	1,019	3,259
2	3,240	1,031	3,341
3	2,850	0,907	2,585
4	2,790	0,888	2,478
5	3,430	1,092	3,745
6	2,730	0,869	2,372
7	3,300	1,050	3,466
8	2,790	0,888	2,478
9	2,980	0,949	2,827
10	3,010	0,958	2,884
11	2,920	0,929	2,714
12	2,980	0,949	2,827
13	2,980	0,949	2,827
14	2,790	0,888	2,478

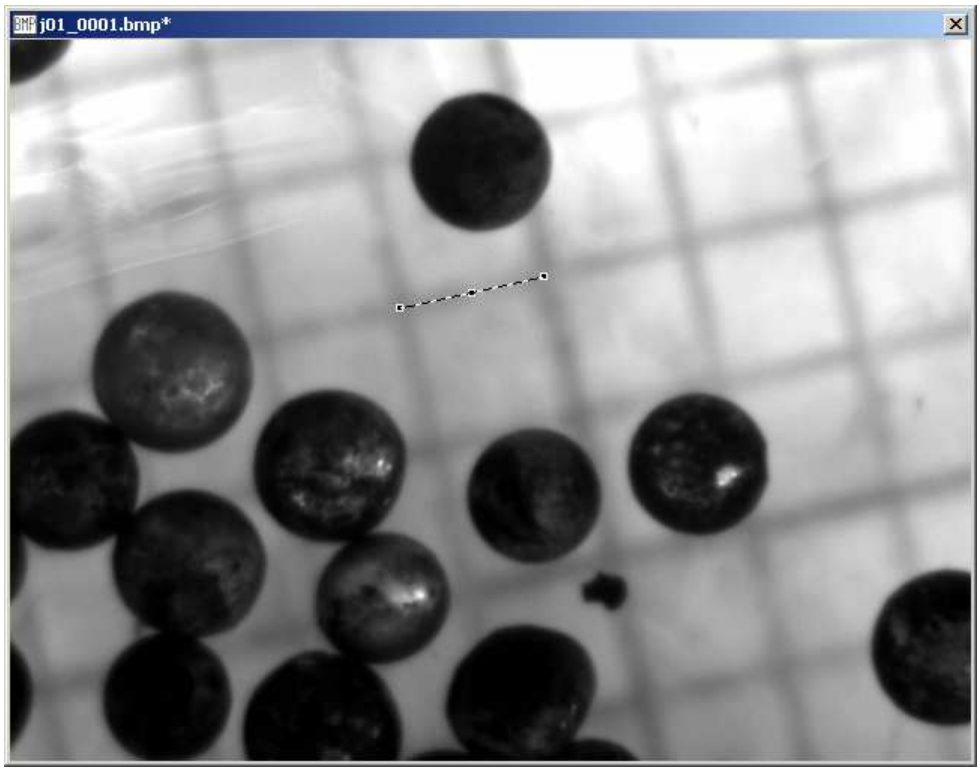


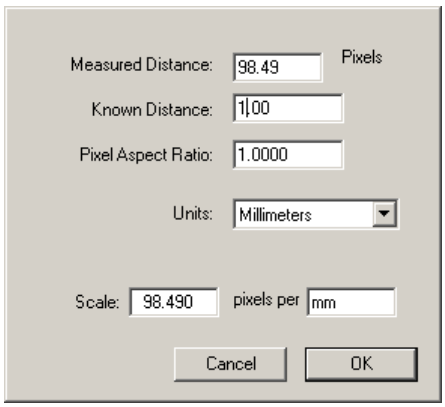

j15_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

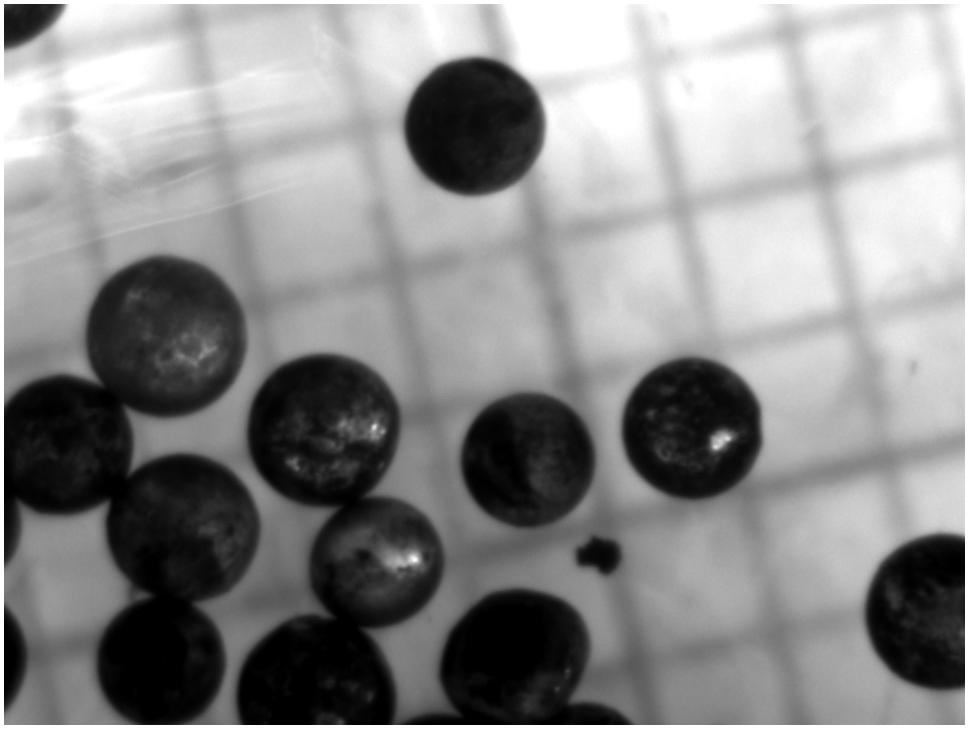


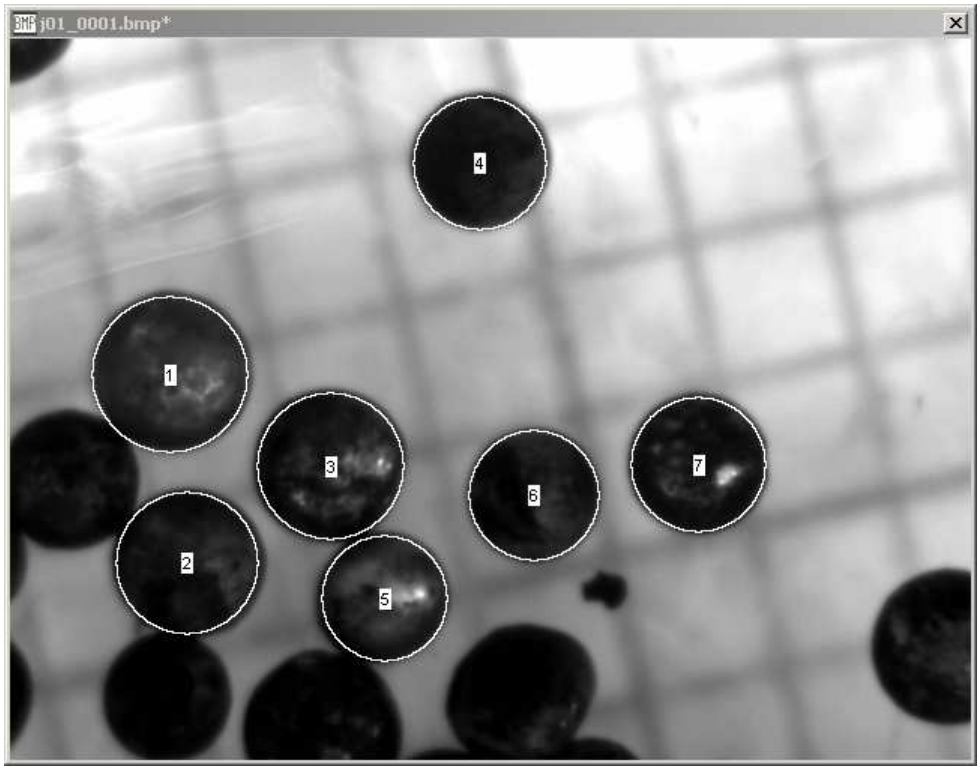
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,110	0,990	3,079
2	2,760	0,879	2,425
3	3,170	1,009	3,199
4	3,460	1,101	3,811
5	3,300	1,050	3,466
6	3,080	0,980	3,020
7	2,950	0,939	2,770
8	3,300	1,050	3,466
9	3,110	0,990	3,079
10	2,630	0,837	2,202
11	3,240	1,031	3,341
12	2,920	0,929	2,714
13	3,140	0,999	3,138
14	2,980	0,949	2,827
15	3,110	0,990	3,079

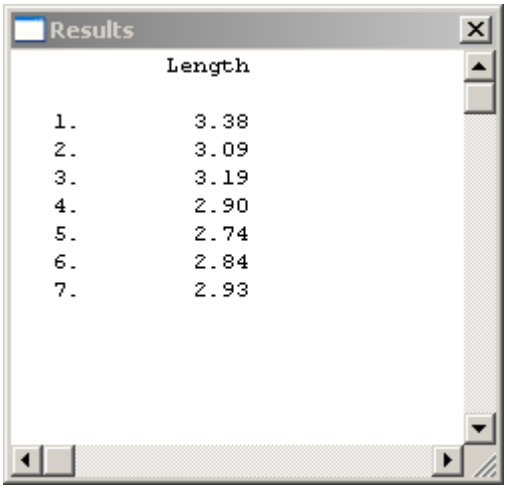
D.2.4 DIA 8 (29-ABRIL-2009)



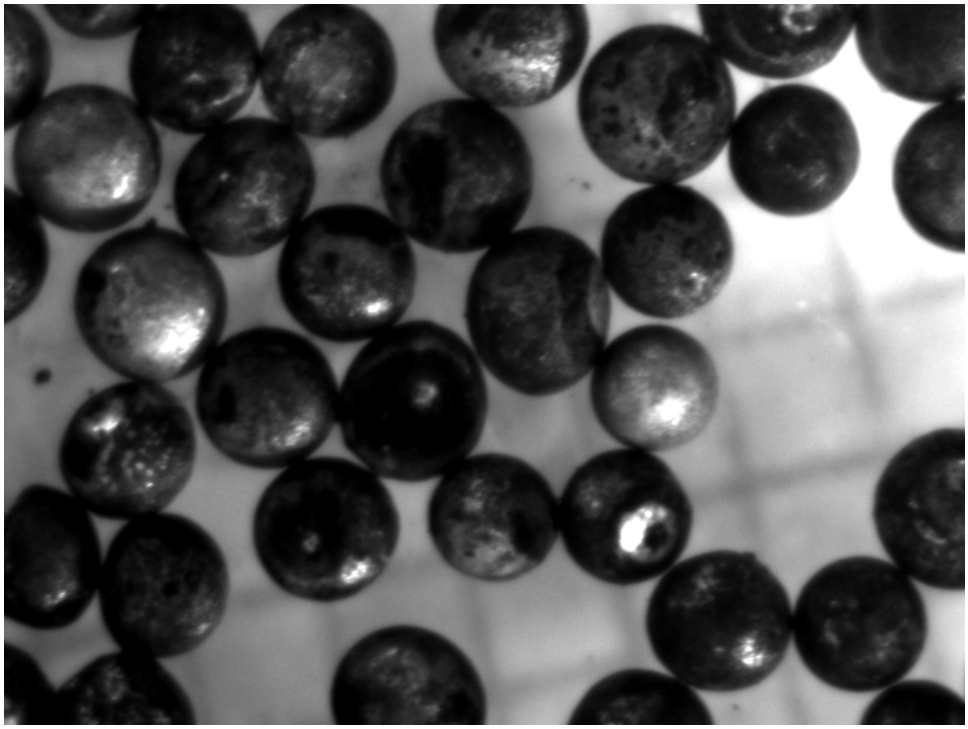




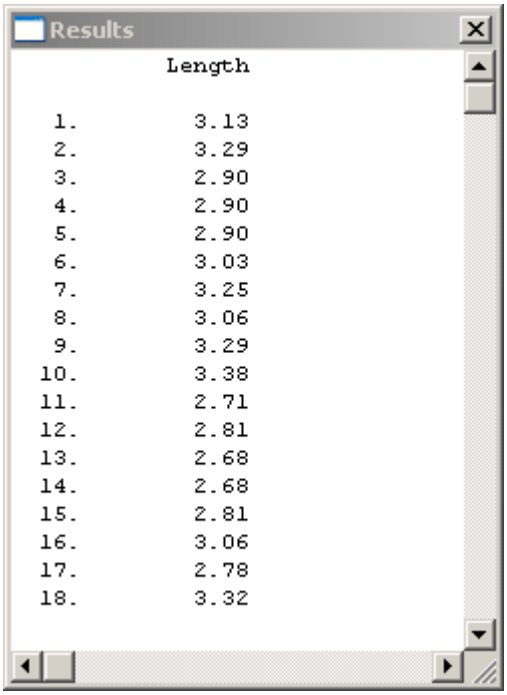

j01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7



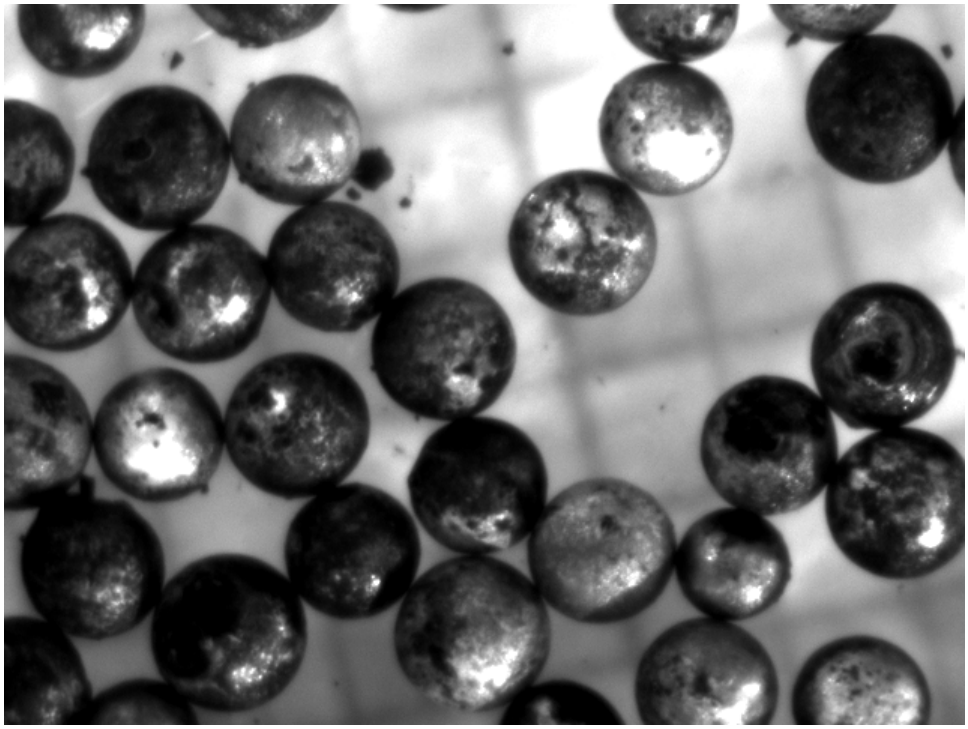
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,380	1,076	3,636
2	3,090	0,984	3,039
3	3,190	1,015	3,239
4	2,900	0,923	2,677
5	2,740	0,872	2,390
6	2,840	0,904	2,567
7	2,930	0,933	2,733



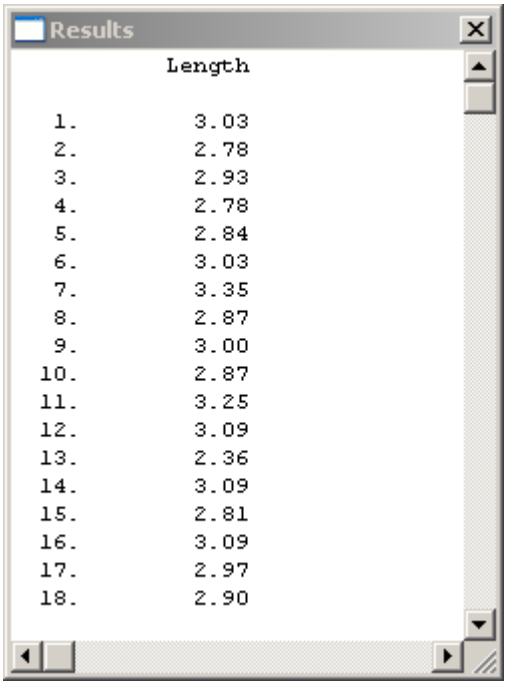

j02_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



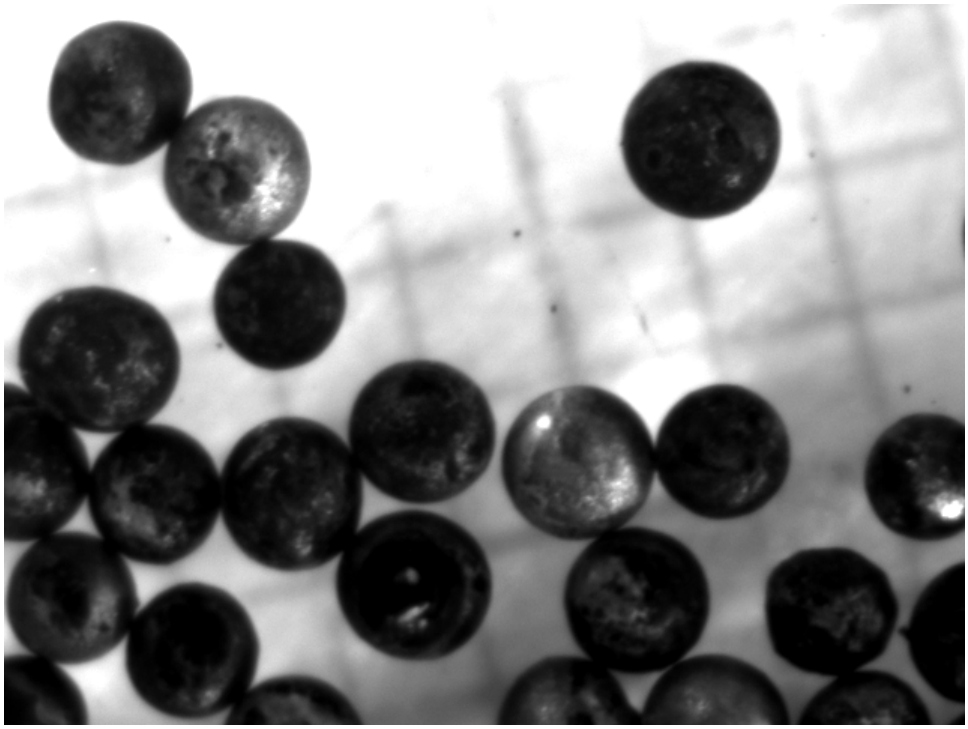
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,130	0,996	3,118
2	3,290	1,047	3,445
3	2,900	0,923	2,677
4	2,900	0,923	2,677
5	2,900	0,923	2,677
6	3,030	0,964	2,922
7	3,250	1,035	3,362
8	3,060	0,974	2,981
9	3,290	1,047	3,445
10	3,380	1,076	3,636
11	2,710	0,863	2,338
12	2,810	0,894	2,513
13	2,680	0,853	2,286
14	2,680	0,853	2,286
15	2,810	0,894	2,513
16	3,060	0,974	2,981
17	2,780	0,885	2,460
18	3,320	1,057	3,509



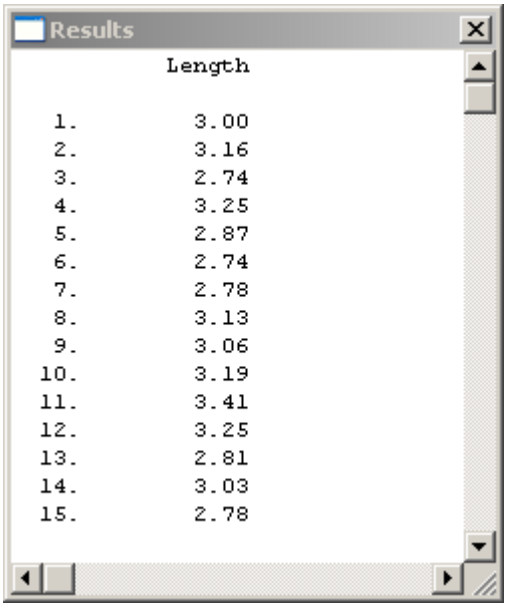

j03_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



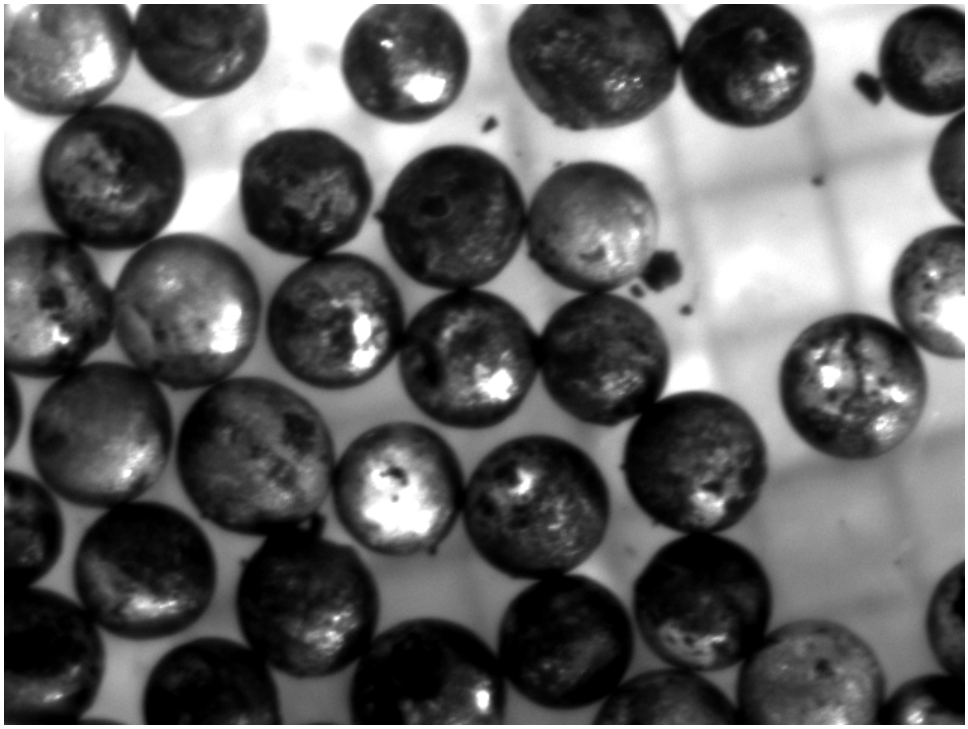
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,030	0,964	2,922
2	2,780	0,885	2,460
3	2,930	0,933	2,733
4	2,780	0,885	2,460
5	2,840	0,904	2,567
6	3,030	0,964	2,922
7	3,350	1,066	3,572
8	2,870	0,914	2,622
9	3,000	0,955	2,865
10	2,870	0,914	2,622
11	3,250	1,035	3,362
12	3,090	0,984	3,039
13	2,360	0,751	1,773
14	3,090	0,984	3,039
15	2,810	0,894	2,513
16	3,090	0,984	3,039
17	2,970	0,945	2,808
18	2,900	0,923	2,677

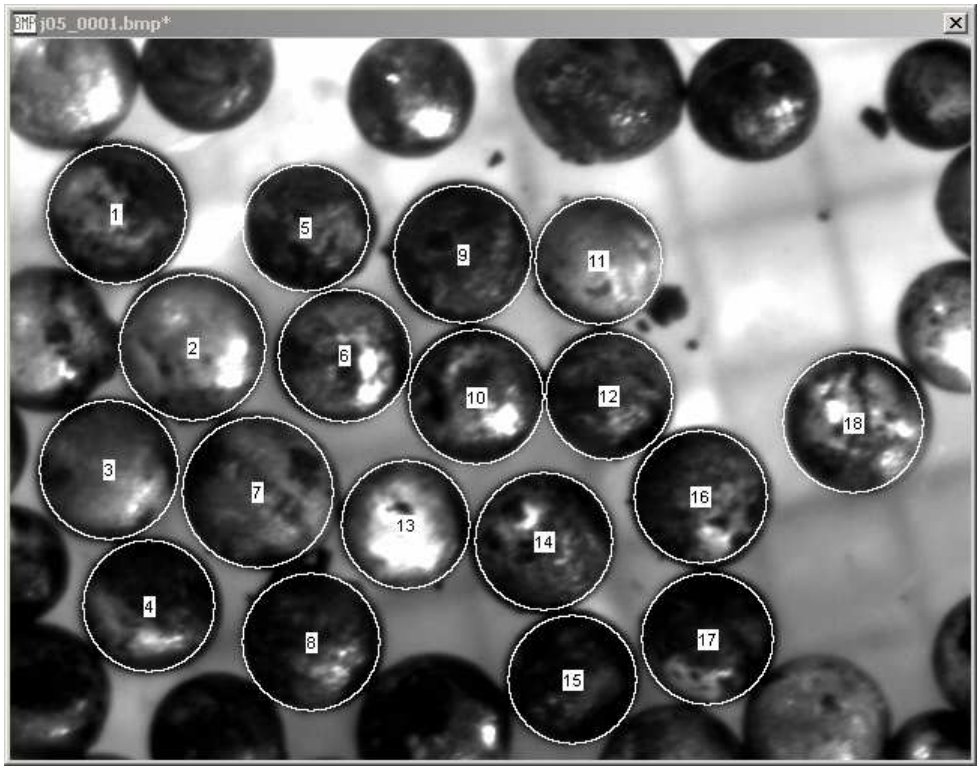


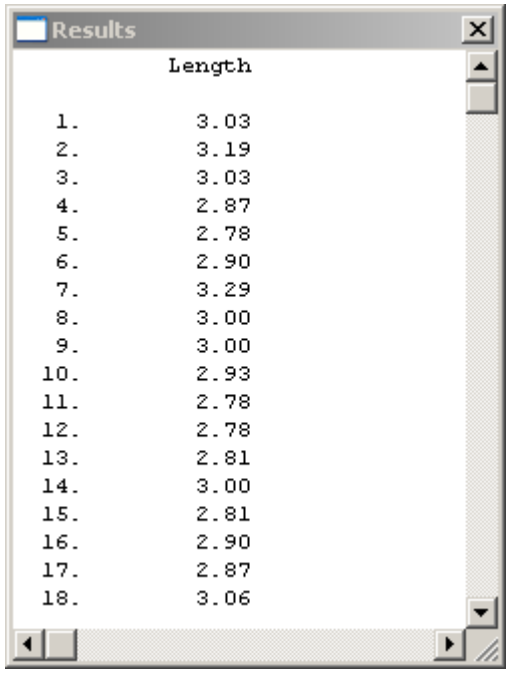

j04_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



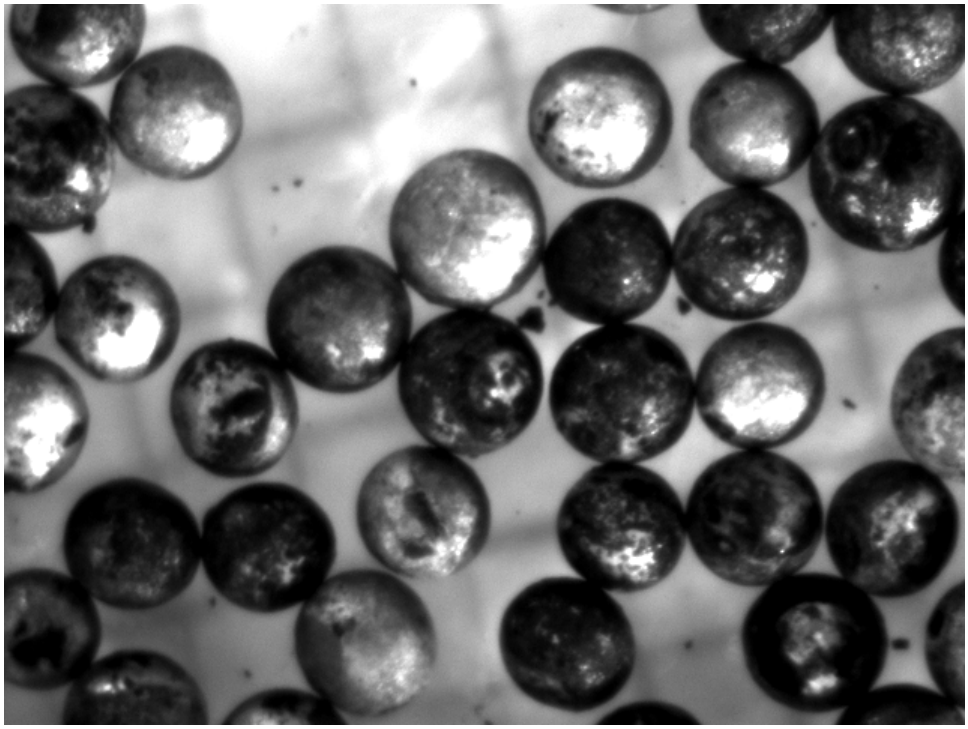
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,000	0,955	2,865
2	3,160	1,006	3,179
3	2,740	0,872	2,390
4	3,250	1,035	3,362
5	2,870	0,914	2,622
6	2,740	0,872	2,390
7	2,780	0,885	2,460
8	3,130	0,996	3,118
9	3,060	0,974	2,981
10	3,190	1,015	3,239
11	3,410	1,085	3,701
12	3,250	1,035	3,362
13	2,810	0,894	2,513
14	3,030	0,964	2,922
15	2,780	0,885	2,460



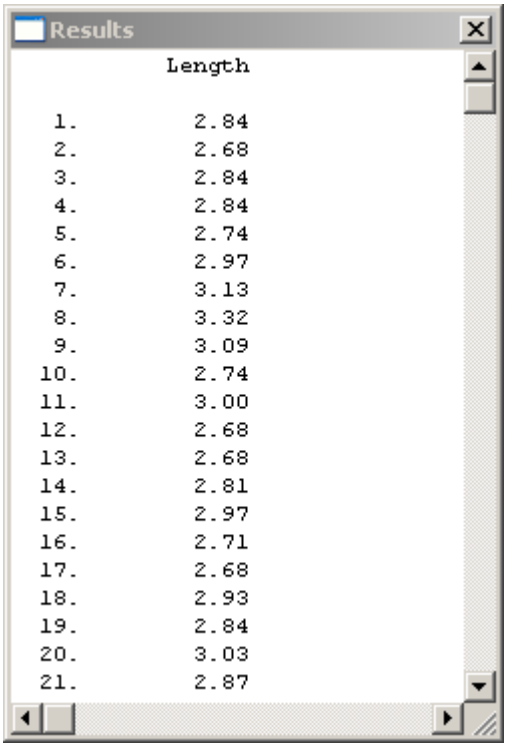

j05_0001.bmp*
1
5
9
11
2
6
10
12
18
3
7
13
14
16
4
8
15
17



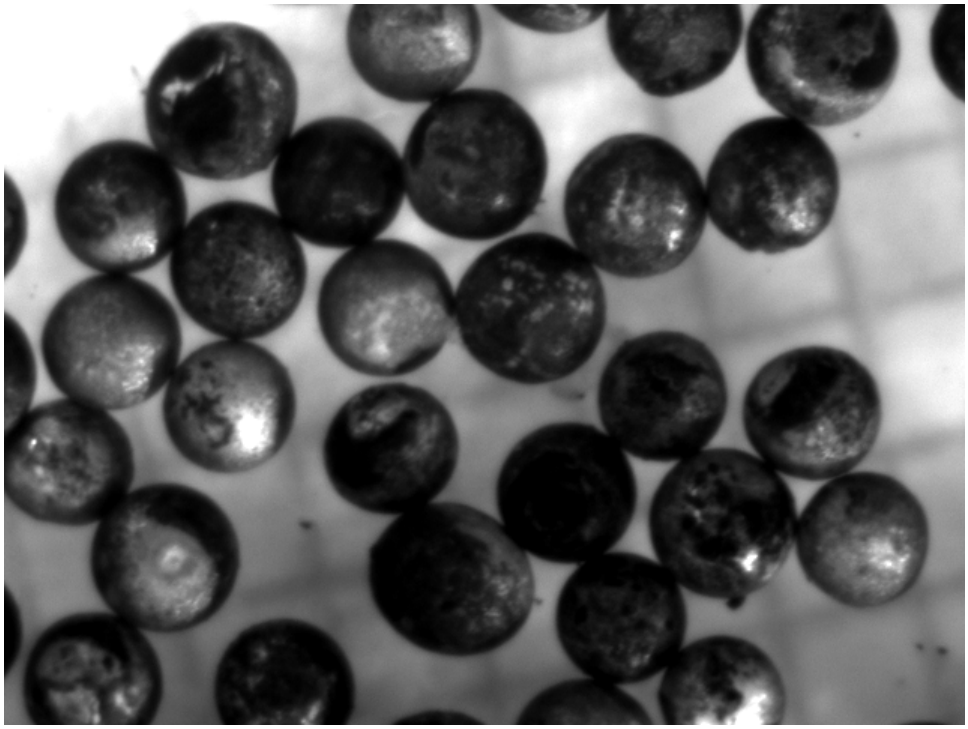
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,030	0,964	2,922
2	3,190	1,015	3,239
3	3,030	0,964	2,922
4	2,870	0,914	2,622
5	2,780	0,885	2,460
6	2,900	0,923	2,677
7	3,290	1,047	3,445
8	3,000	0,955	2,865
9	3,000	0,955	2,865
10	2,930	0,933	2,733
11	2,780	0,885	2,460
12	2,780	0,885	2,460
13	2,810	0,894	2,513
14	3,000	0,955	2,865
15	2,810	0,894	2,513
16	2,900	0,923	2,677
17	2,870	0,914	2,622
18	3,060	0,974	2,981



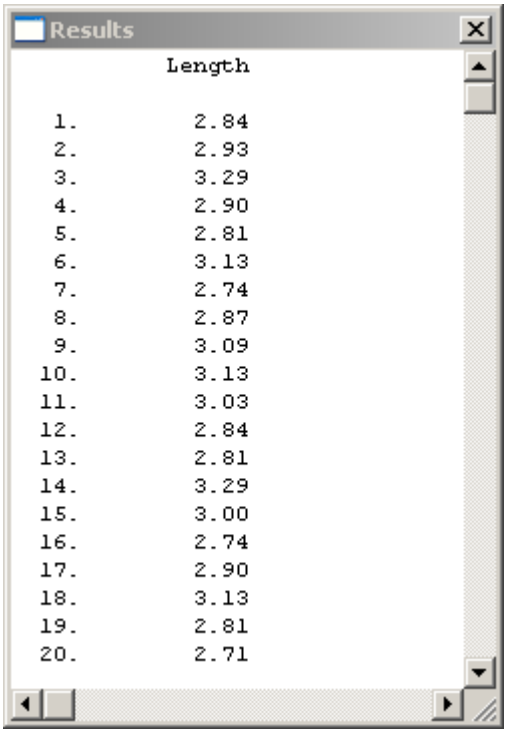

j06_0001.bmp*
1
11
12
8
13
14
2
7
9
15
16
3
10
17
18
19
4
5
6
21
20



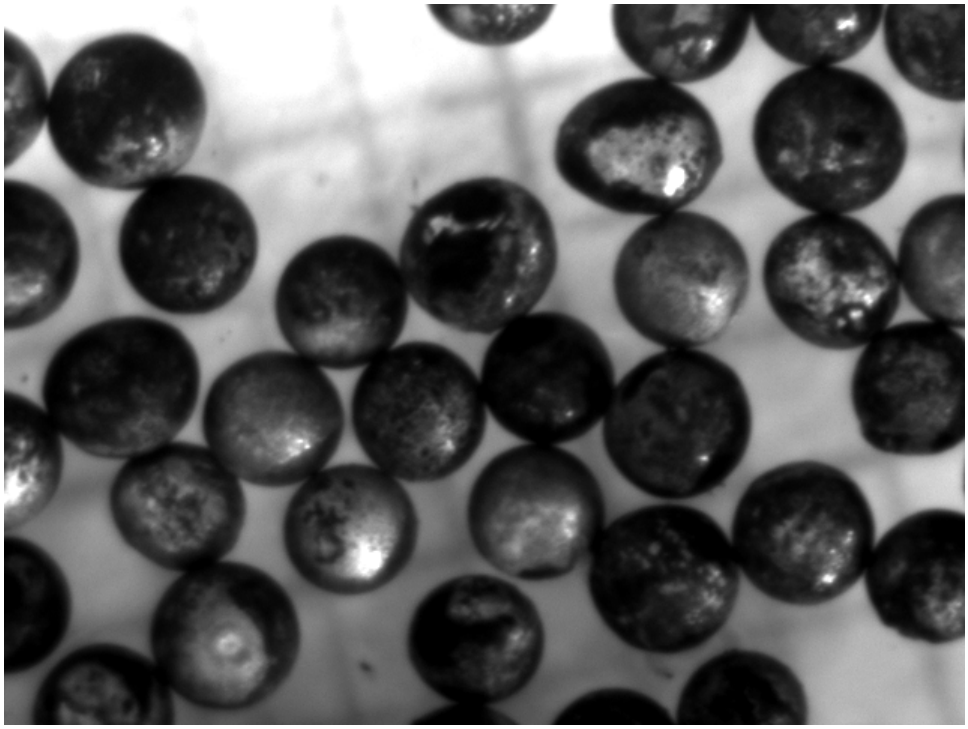
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,840	0,904	2,567
2	2,680	0,853	2,286
3	2,840	0,904	2,567
4	2,840	0,904	2,567
5	2,740	0,872	2,390
6	2,970	0,945	2,808
7	3,130	0,996	3,118
8	3,320	1,057	3,509
9	3,090	0,984	3,039
10	2,740	0,872	2,390
11	3,000	0,955	2,865
12	2,680	0,853	2,286
13	2,680	0,853	2,286
14	2,810	0,894	2,513
15	2,970	0,945	2,808
16	2,710	0,863	2,338
17	2,680	0,853	2,286
18	2,930	0,933	2,733
19	2,840	0,904	2,567
20	3,030	0,964	2,922
21	2,870	0,914	2,622



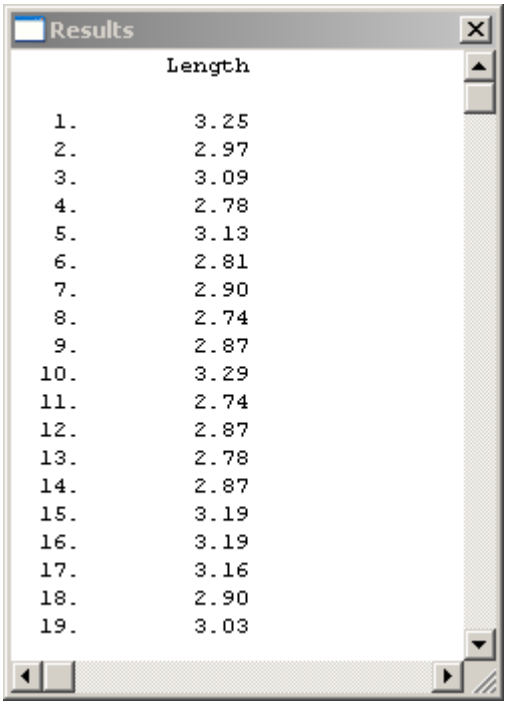

j07_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20



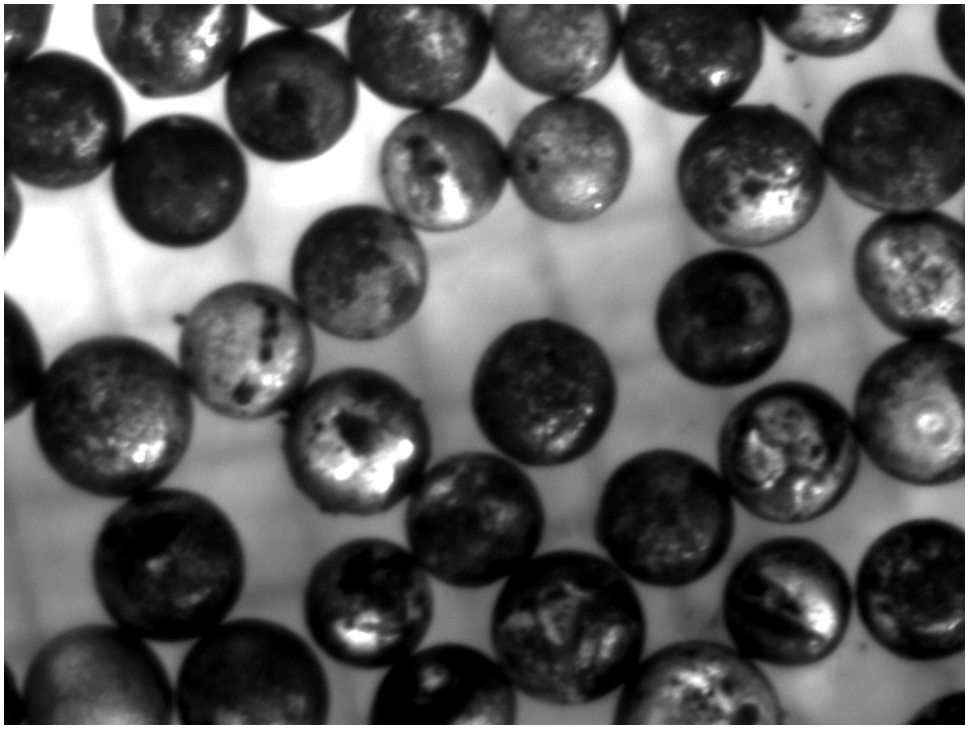
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,840	0,904	2,567
2	2,930	0,933	2,733
3	3,290	1,047	3,445
4	2,900	0,923	2,677
5	2,810	0,894	2,513
6	3,130	0,996	3,118
7	2,740	0,872	2,390
8	2,870	0,914	2,622
9	3,090	0,984	3,039
10	3,130	0,996	3,118
11	3,030	0,964	2,922
12	2,840	0,904	2,567
13	2,810	0,894	2,513
14	3,290	1,047	3,445
15	3,000	0,955	2,865
16	2,740	0,872	2,390
17	2,900	0,923	2,677
18	3,130	0,996	3,118
19	2,810	0,894	2,513
20	2,710	0,863	2,338

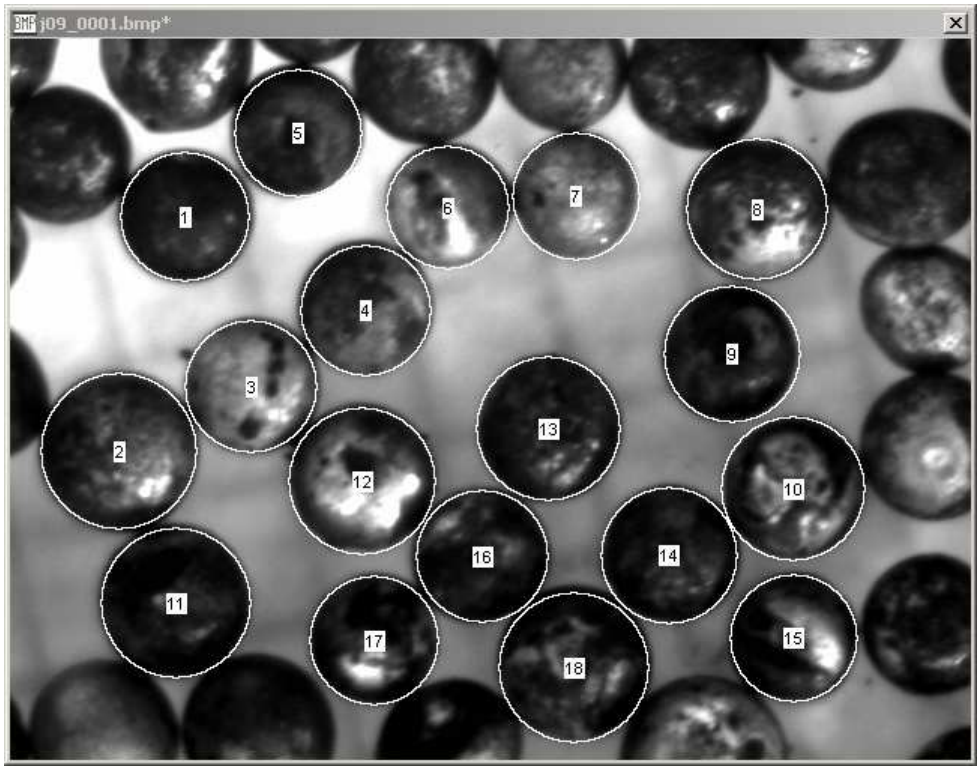


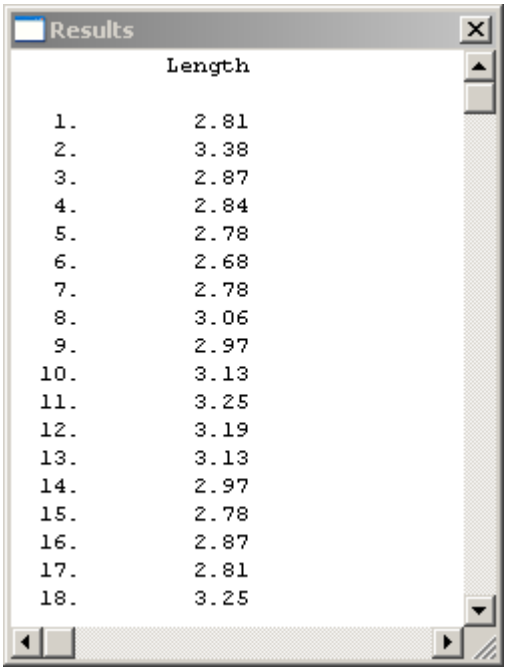

j08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19



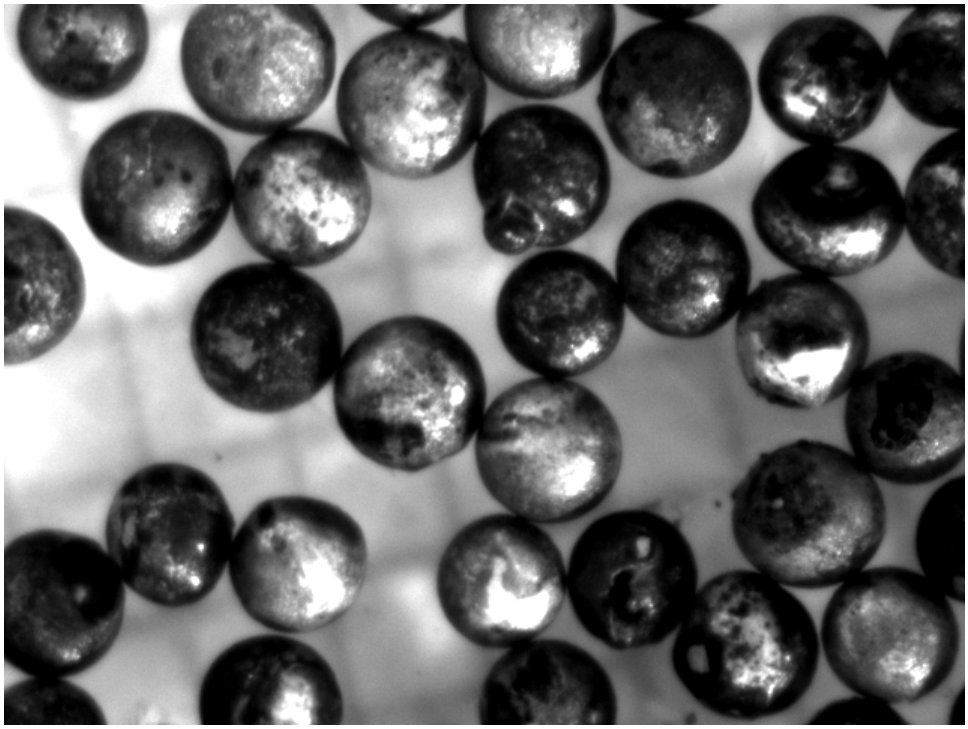
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,250	1,035	3,362
2	2,970	0,945	2,808
3	3,090	0,984	3,039
4	2,780	0,885	2,460
5	3,130	0,996	3,118
6	2,810	0,894	2,513
7	2,900	0,923	2,677
8	2,740	0,872	2,390
9	2,870	0,914	2,622
10	3,290	1,047	3,445
11	2,740	0,872	2,390
12	2,870	0,914	2,622
13	2,780	0,885	2,460
14	2,870	0,914	2,622
15	3,190	1,015	3,239
16	3,190	1,015	3,239
17	3,160	1,006	3,179
18	2,900	0,923	2,677
19	3,030	0,964	2,922



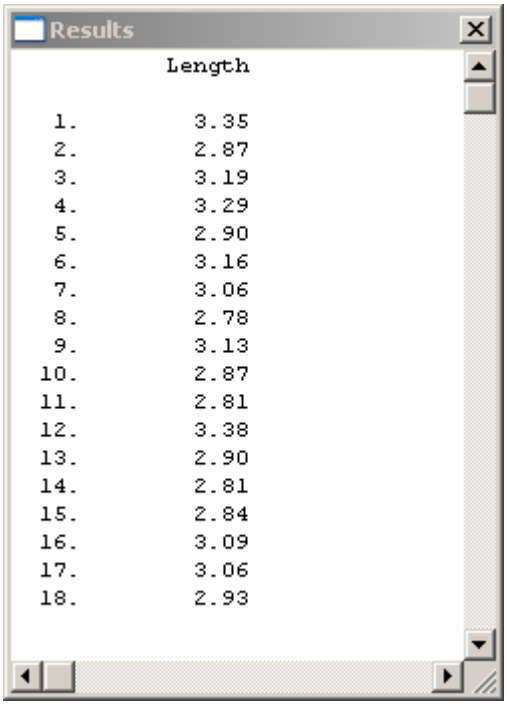

j09_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



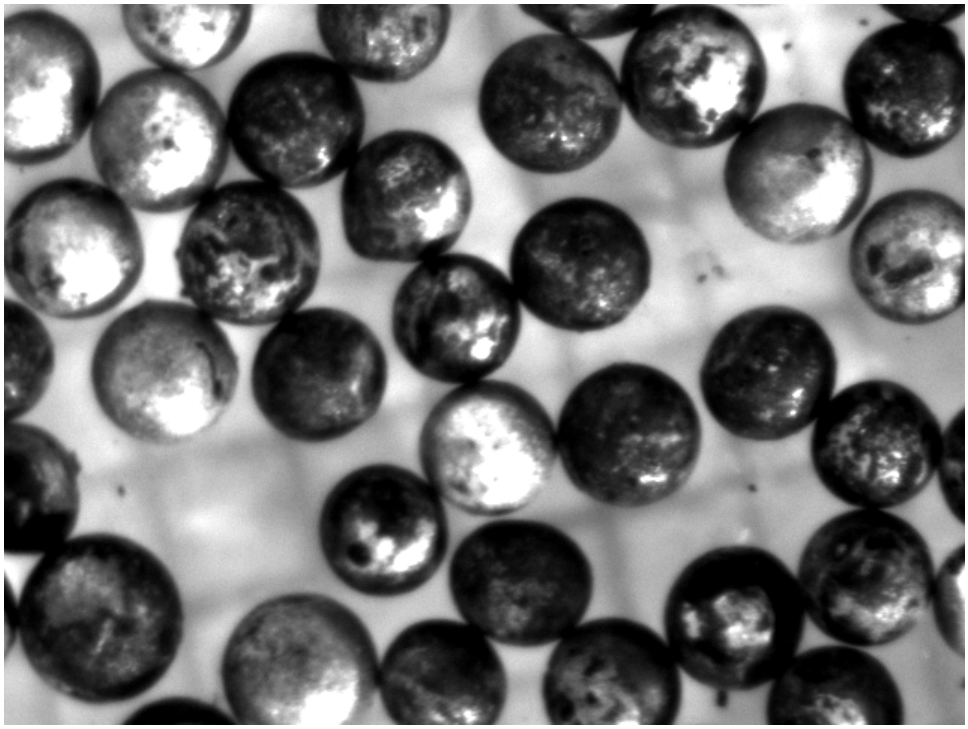
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,810	0,894	2,513
2	3,380	1,076	3,636
3	2,870	0,914	2,622
4	2,840	0,904	2,567
5	2,780	0,885	2,460
6	2,680	0,853	2,286
7	2,780	0,885	2,460
8	3,060	0,974	2,981
9	2,970	0,945	2,808
10	3,130	0,996	3,118
11	3,250	1,035	3,362
12	3,190	1,015	3,239
13	3,130	0,996	3,118
14	2,970	0,945	2,808
15	2,780	0,885	2,460
16	2,870	0,914	2,622
17	2,810	0,894	2,513
18	3,250	1,035	3,362



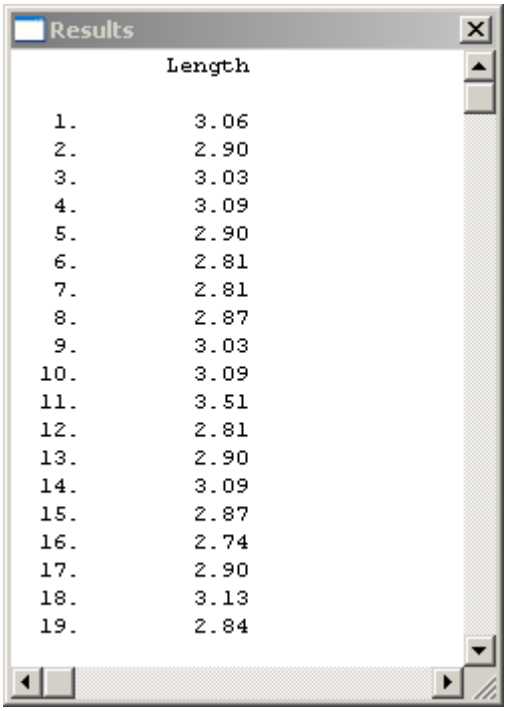

j10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



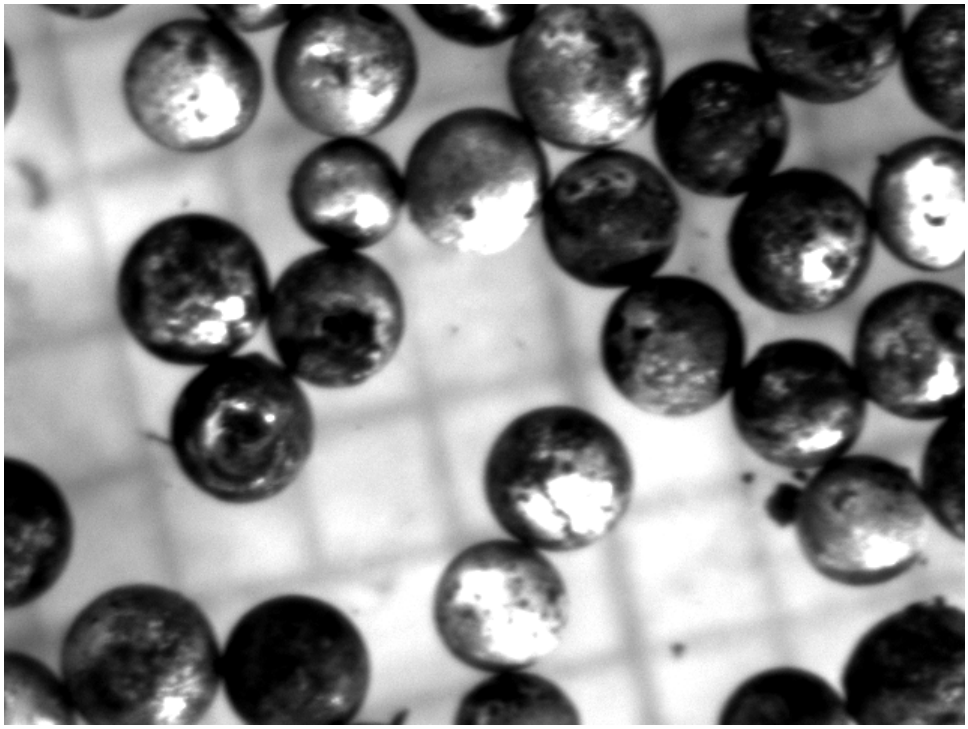
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,350	1,066	3,572
2	2,870	0,914	2,622
3	3,190	1,015	3,239
4	3,290	1,047	3,445
5	2,900	0,923	2,677
6	3,160	1,006	3,179
7	3,060	0,974	2,981
8	2,780	0,885	2,460
9	3,130	0,996	3,118
10	2,870	0,914	2,622
11	2,810	0,894	2,513
12	3,380	1,076	3,636
13	2,900	0,923	2,677
14	2,810	0,894	2,513
15	2,840	0,904	2,567
16	3,090	0,984	3,039
17	3,060	0,974	2,981
18	2,930	0,933	2,733



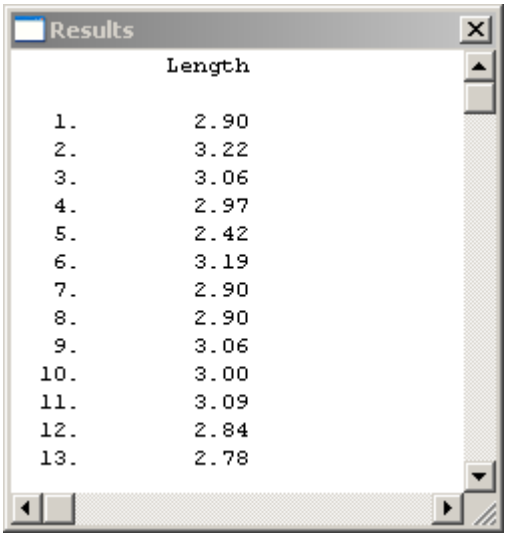

j11_0001.bmp*
1
2
9
10
6
3
8
7
4
5
15
13
14
16
12
19
17
11
18



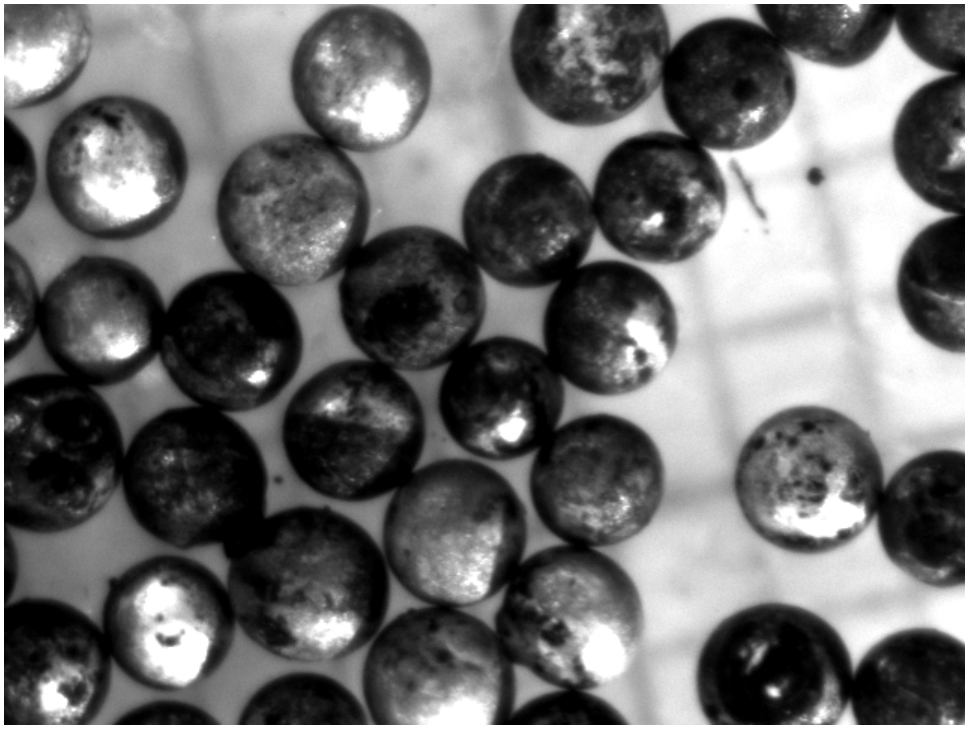
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,060	0,974	2,981
2	2,900	0,923	2,677
3	3,030	0,964	2,922
4	3,090	0,984	3,039
5	2,900	0,923	2,677
6	2,810	0,894	2,513
7	2,810	0,894	2,513
8	2,870	0,914	2,622
9	3,030	0,964	2,922
10	3,090	0,984	3,039
11	3,510	1,117	3,922
12	2,810	0,894	2,513
13	2,900	0,923	2,677
14	3,090	0,984	3,039
15	2,870	0,914	2,622
16	2,740	0,872	2,390
17	2,900	0,923	2,677
18	3,130	0,996	3,118
19	2,840	0,904	2,567



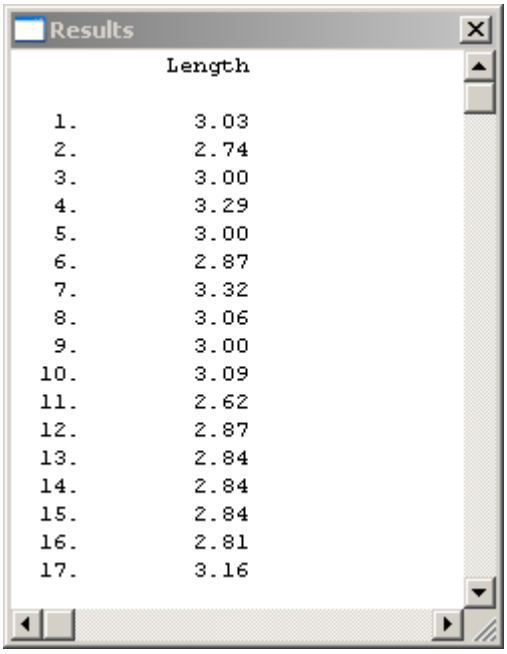

j12_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



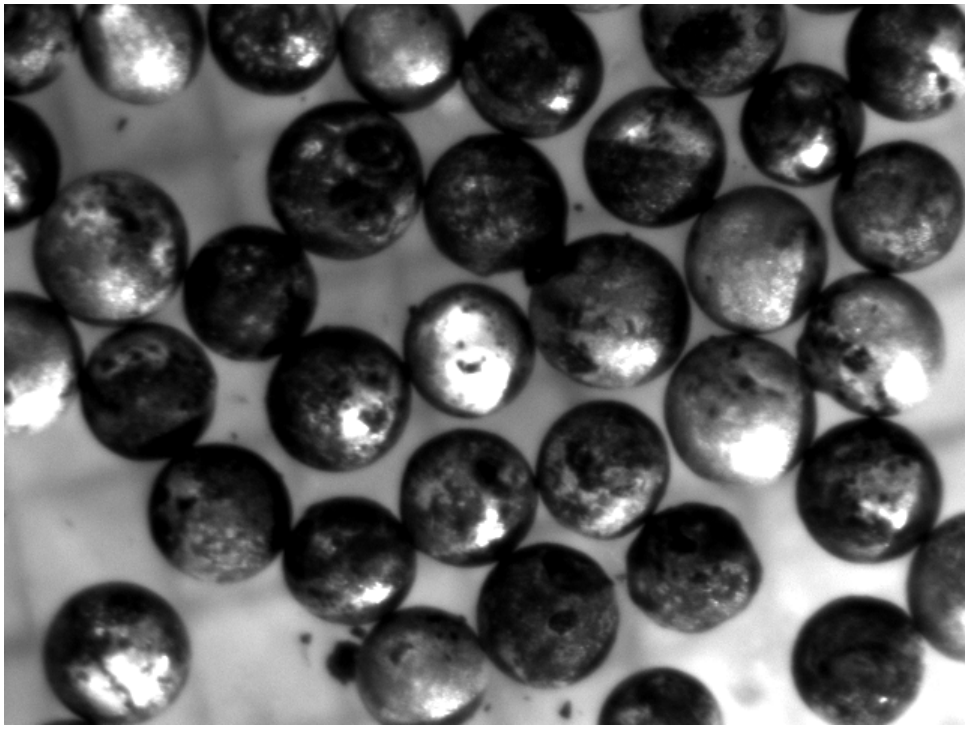
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,900	0,923	2,677
2	3,220	1,025	3,300
3	3,060	0,974	2,981
4	2,970	0,945	2,808
5	2,420	0,770	1,864
6	3,190	1,015	3,239
7	2,900	0,923	2,677
8	2,900	0,923	2,677
9	3,060	0,974	2,981
10	3,000	0,955	2,865
11	3,090	0,984	3,039
12	2,840	0,904	2,567
13	2,780	0,885	2,460



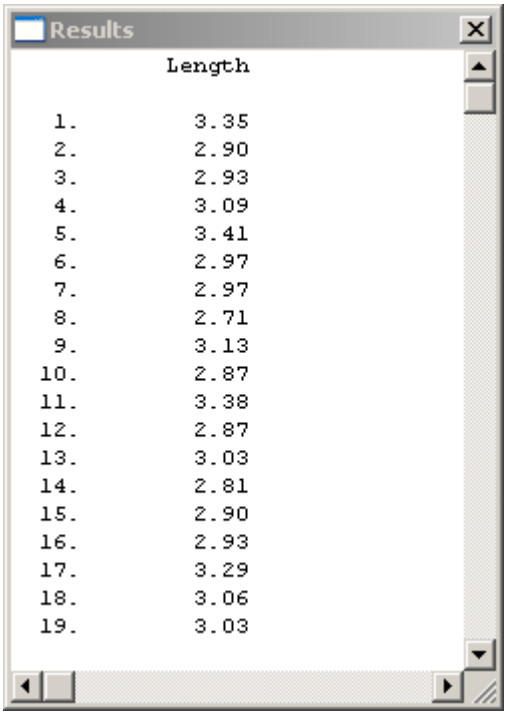

j13_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



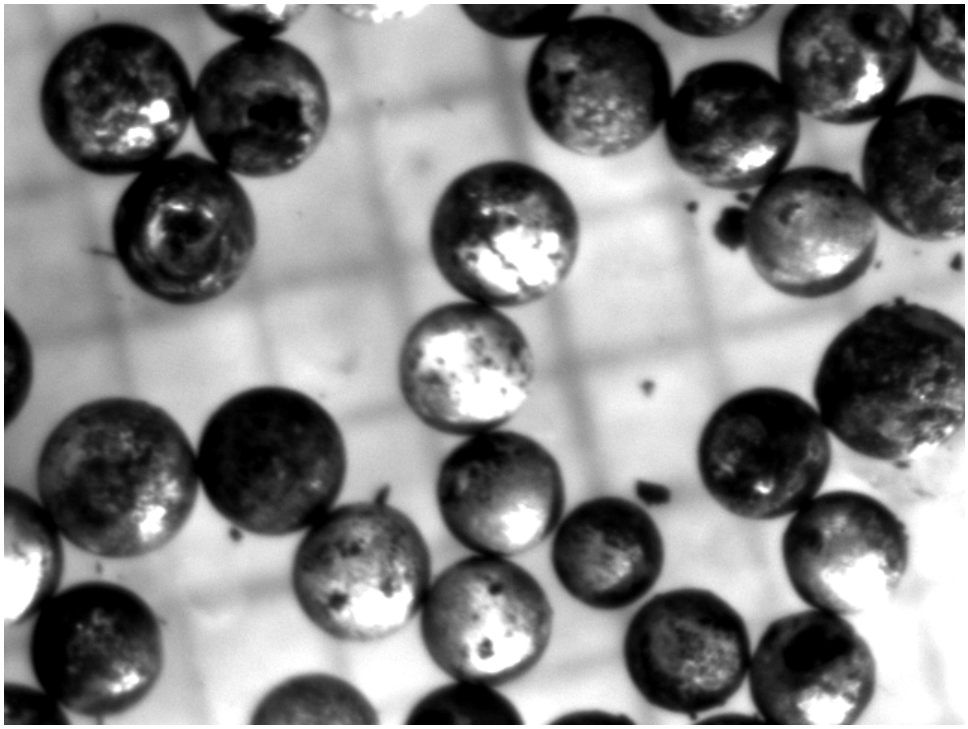
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,030	0,964	2,922
2	2,740	0,872	2,390
3	3,000	0,955	2,865
4	3,290	1,047	3,445
5	3,000	0,955	2,865
6	2,870	0,914	2,622
7	3,320	1,057	3,509
8	3,060	0,974	2,981
9	3,000	0,955	2,865
10	3,090	0,984	3,039
11	2,620	0,834	2,185
12	2,870	0,914	2,622
13	2,840	0,904	2,567
14	2,840	0,904	2,567
15	2,840	0,904	2,567
16	2,810	0,894	2,513
17	3,160	1,006	3,179



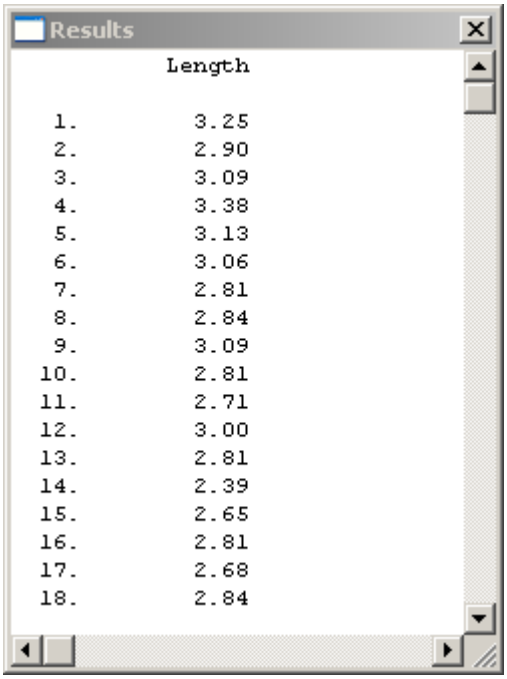

j14_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,350	1,066	3,572
2	2,900	0,923	2,677
3	2,930	0,933	2,733
4	3,090	0,984	3,039
5	3,410	1,085	3,701
6	2,970	0,945	2,808
7	2,970	0,945	2,808
8	2,710	0,863	2,338
9	3,130	0,996	3,118
10	2,870	0,914	2,622
11	3,380	1,076	3,636
12	2,870	0,914	2,622
13	3,030	0,964	2,922
14	2,810	0,894	2,513
15	2,900	0,923	2,677
16	2,930	0,933	2,733
17	3,290	1,047	3,445
18	3,060	0,974	2,981
19	3,030	0,964	2,922

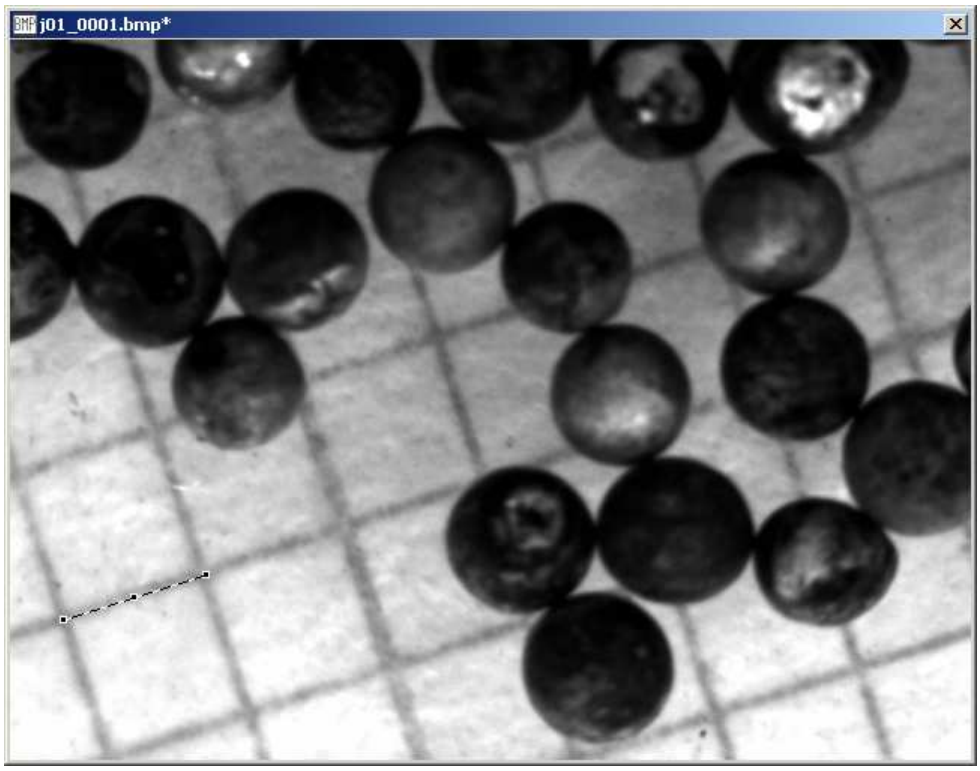


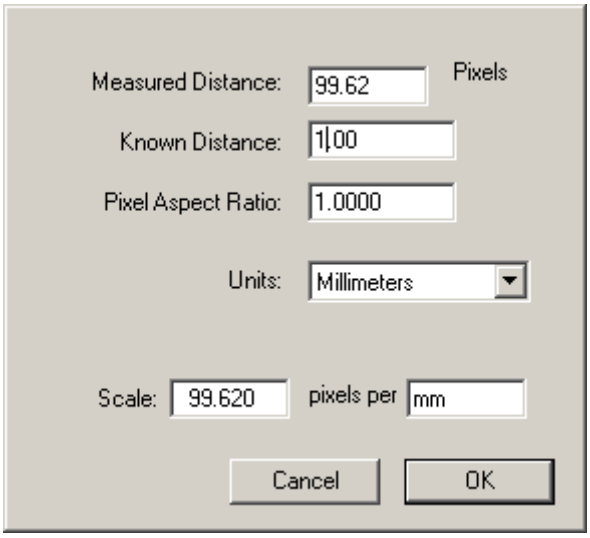

j15_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18

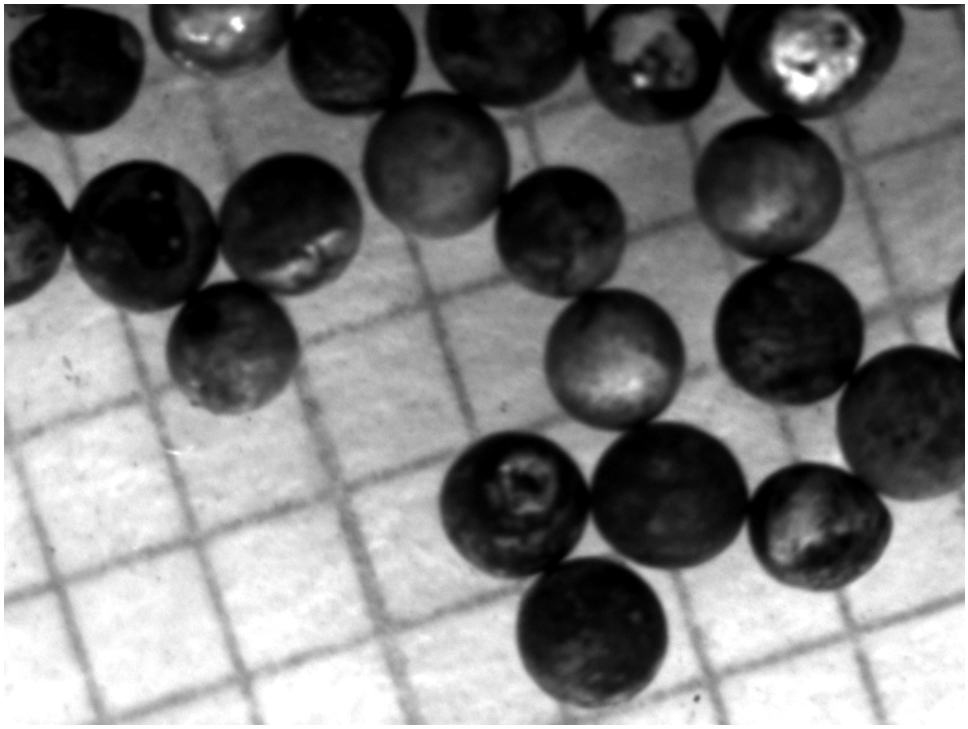


	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,250	1,035	3,362
2	2,900	0,923	2,677
3	3,090	0,984	3,039
4	3,380	1,076	3,636
5	3,130	0,996	3,118
6	3,060	0,974	2,981
7	2,810	0,894	2,513
8	2,840	0,904	2,567
9	3,090	0,984	3,039
10	2,810	0,894	2,513
11	2,710	0,863	2,338
12	3,000	0,955	2,865
13	2,810	0,894	2,513
14	2,390	0,761	1,818
15	2,650	0,844	2,235
16	2,810	0,894	2,513
17	2,680	0,853	2,286
18	2,840	0,904	2,567

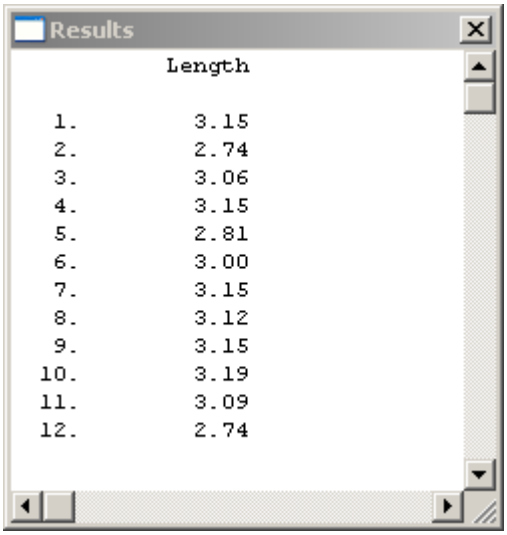
D.2.5 DIA 14 (05-MAIO-2009)



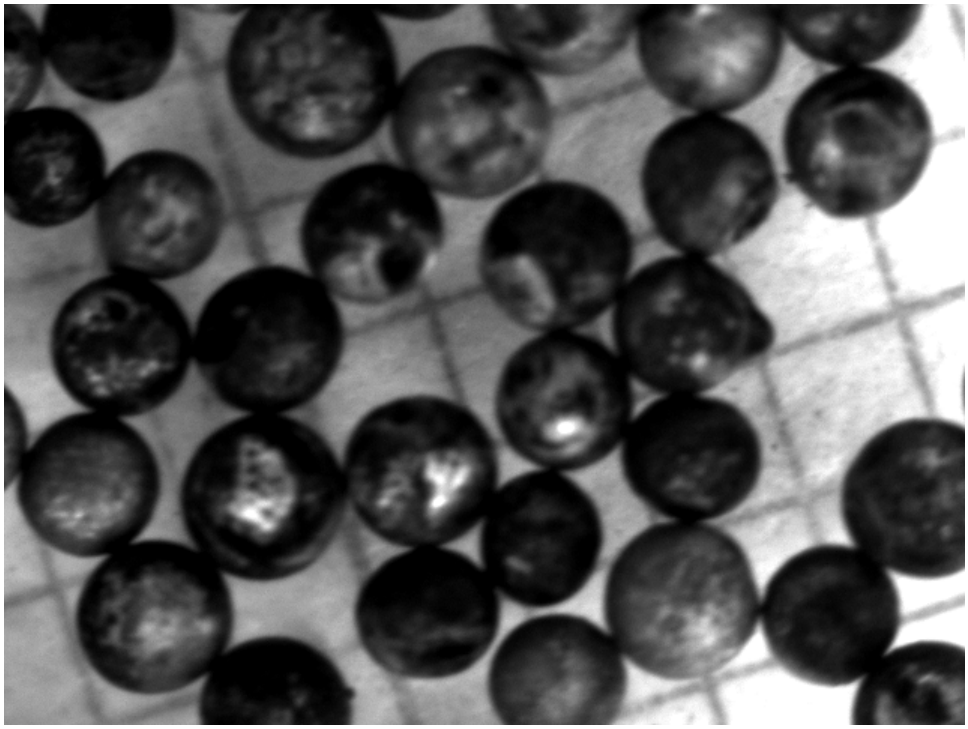




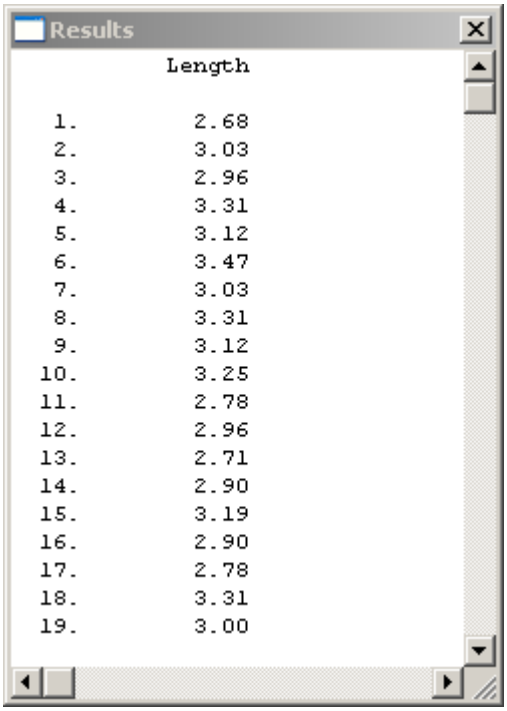

j01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12



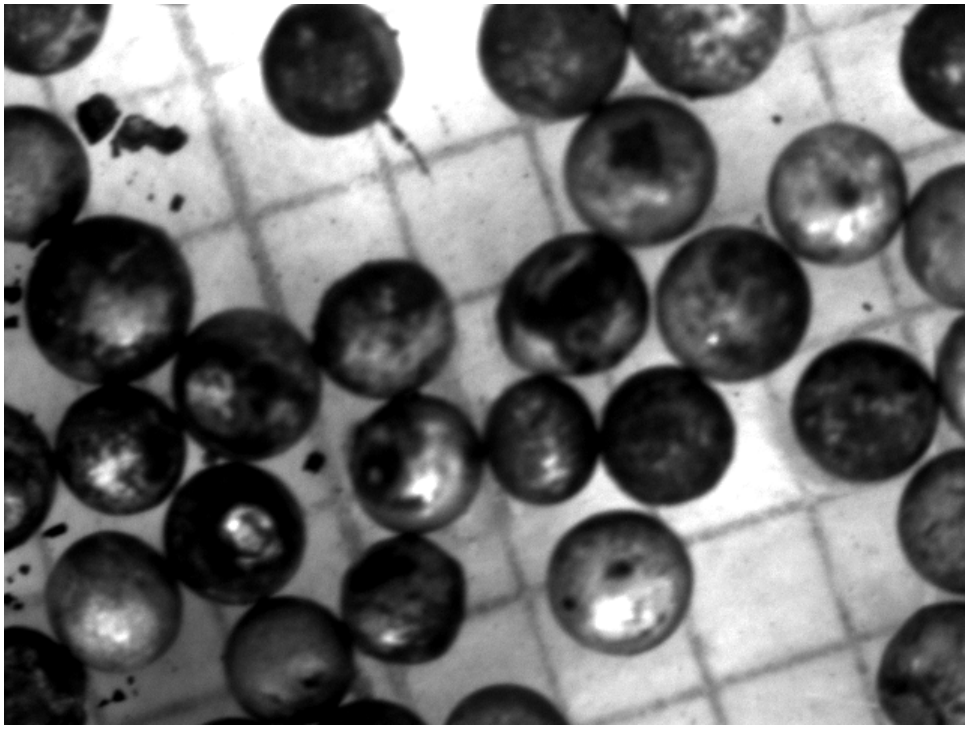
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,150	1,003	3,158
2	2,740	0,872	2,390
3	3,060	0,974	2,981
4	3,150	1,003	3,158
5	2,810	0,894	2,513
6	3,000	0,955	2,865
7	3,150	1,003	3,158
8	3,120	0,993	3,099
9	3,150	1,003	3,158
10	3,190	1,015	3,239
11	3,090	0,984	3,039
12	2,740	0,872	2,390



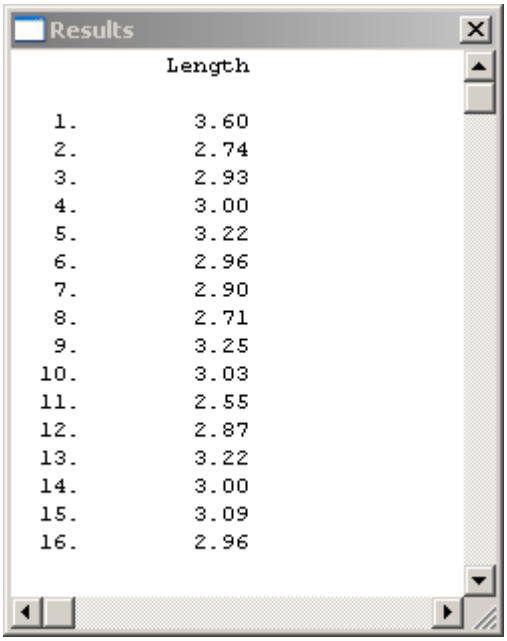

j02_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19



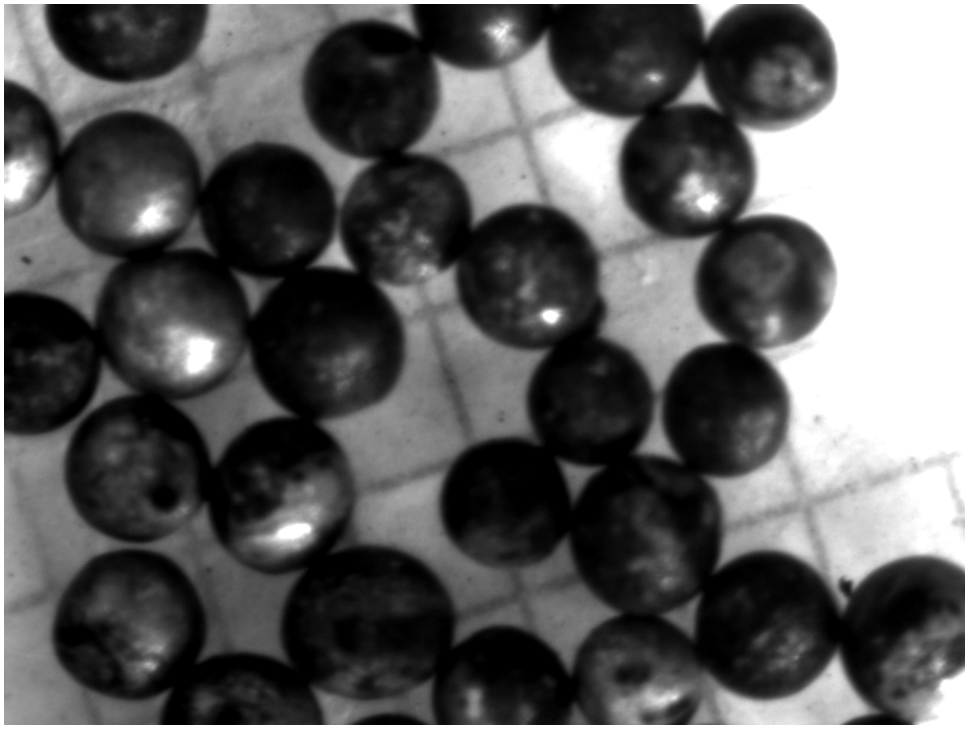
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,680	0,853	2,286
2	3,030	0,964	2,922
3	2,960	0,942	2,789
4	3,310	1,054	3,487
5	3,120	0,993	3,099
6	3,470	1,105	3,833
7	3,030	0,964	2,922
8	3,310	1,054	3,487
9	3,120	0,993	3,099
10	3,250	1,035	3,362
11	2,780	0,885	2,460
12	2,960	0,942	2,789
13	2,710	0,863	2,338
14	2,900	0,923	2,677
15	3,190	1,015	3,239
16	2,900	0,923	2,677
17	2,780	0,885	2,460
18	3,310	1,054	3,487
19	3,000	0,955	2,865

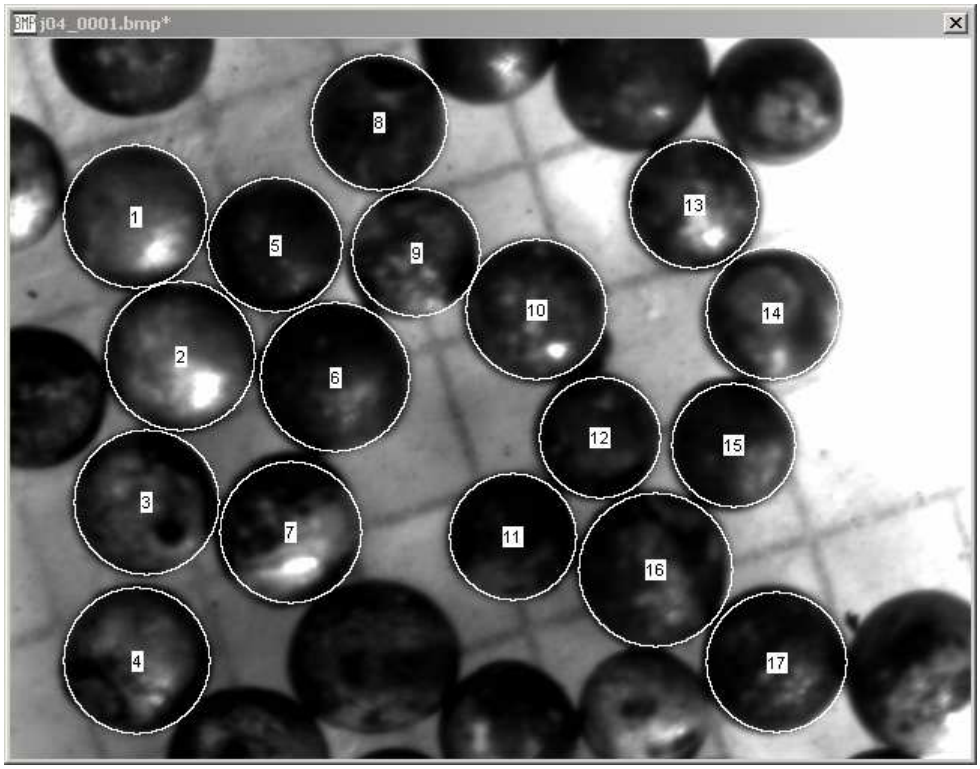


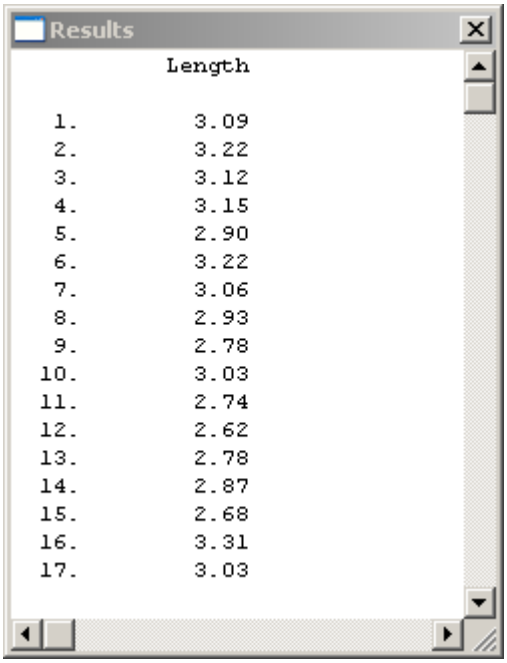

j03_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



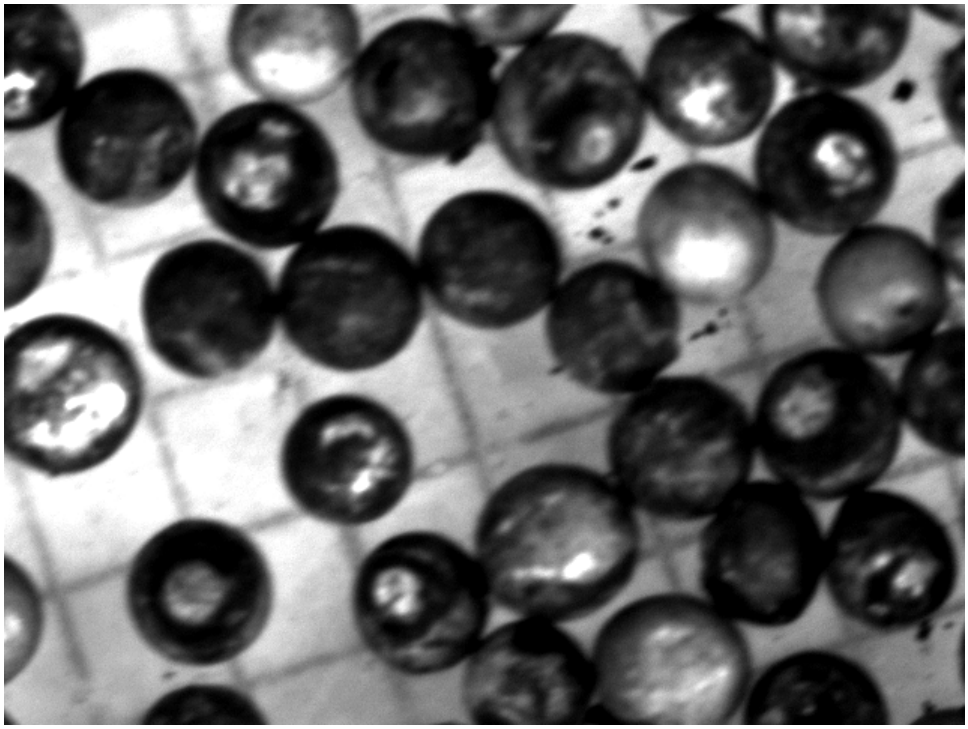
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,600	1,146	4,125
2	2,740	0,872	2,390
3	2,930	0,933	2,733
4	3,000	0,955	2,865
5	3,220	1,025	3,300
6	2,960	0,942	2,789
7	2,900	0,923	2,677
8	2,710	0,863	2,338
9	3,250	1,035	3,362
10	3,030	0,964	2,922
11	2,550	0,812	2,070
12	2,870	0,914	2,622
13	3,220	1,025	3,300
14	3,000	0,955	2,865
15	3,090	0,984	3,039
16	2,960	0,942	2,789



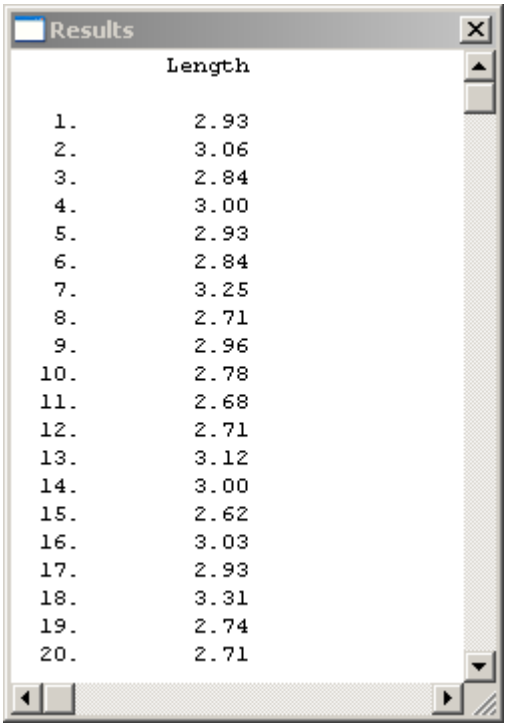

j04_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



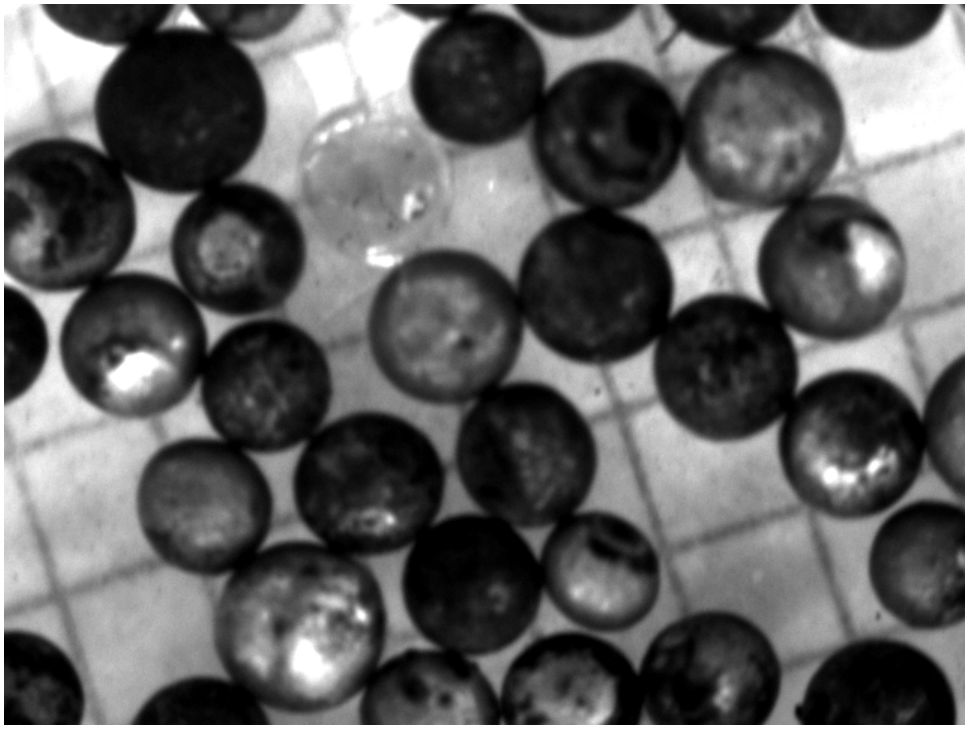
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,090	0,984	3,039
2	3,220	1,025	3,300
3	3,120	0,993	3,099
4	3,150	1,003	3,158
5	2,900	0,923	2,677
6	3,220	1,025	3,300
7	3,060	0,974	2,981
8	2,930	0,933	2,733
9	2,780	0,885	2,460
10	3,030	0,964	2,922
11	2,740	0,872	2,390
12	2,620	0,834	2,185
13	2,780	0,885	2,460
14	2,870	0,914	2,622
15	2,680	0,853	2,286
16	3,310	1,054	3,487
17	3,030	0,964	2,922



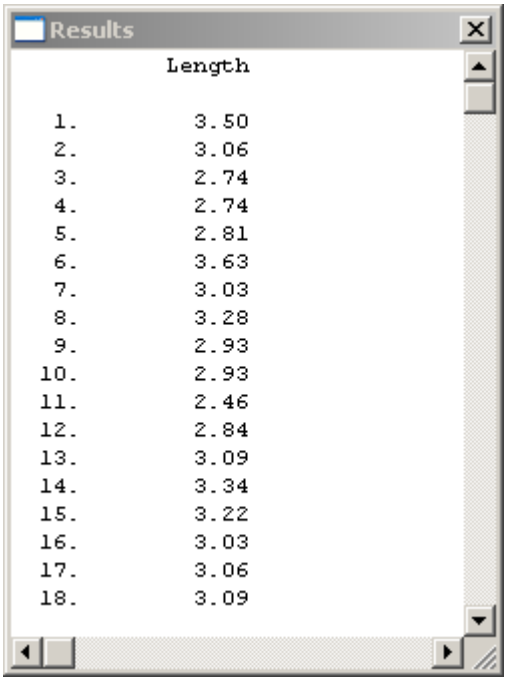

j05_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20



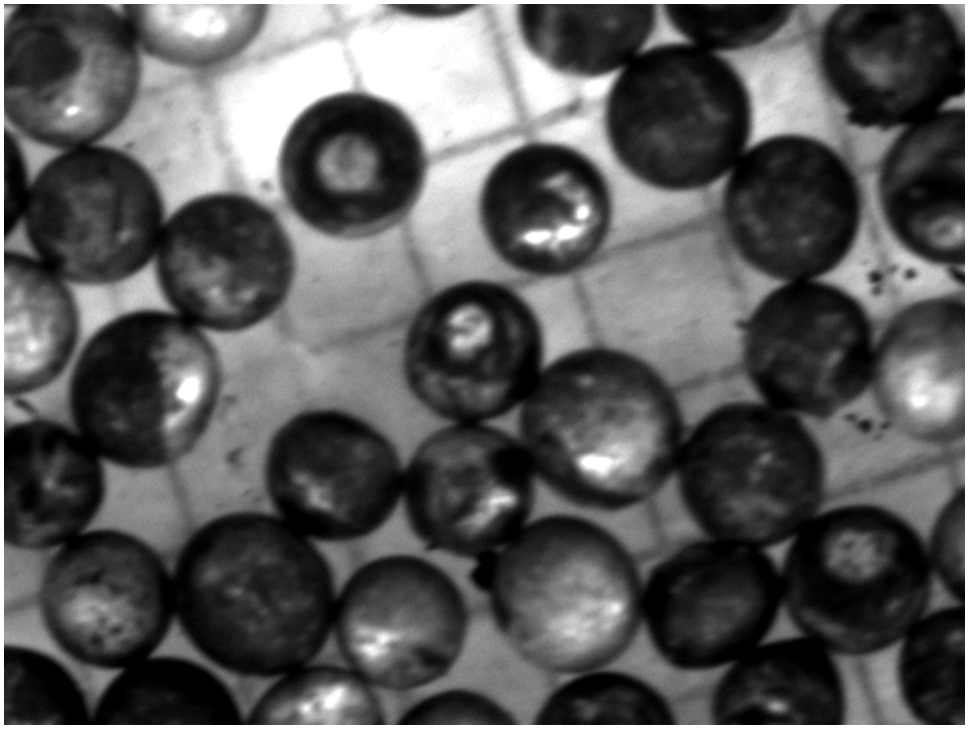
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,930	0,933	2,733
2	3,060	0,974	2,981
3	2,840	0,904	2,567
4	3,000	0,955	2,865
5	2,930	0,933	2,733
6	2,840	0,904	2,567
7	3,250	1,035	3,362
8	2,710	0,863	2,338
9	2,960	0,942	2,789
10	2,780	0,885	2,460
11	2,680	0,853	2,286
12	2,710	0,863	2,338
13	3,120	0,993	3,099
14	3,000	0,955	2,865
15	2,620	0,834	2,185
16	3,030	0,964	2,922
17	2,930	0,933	2,733
18	3,310	1,054	3,487
19	2,740	0,872	2,390
20	2,710	0,863	2,338



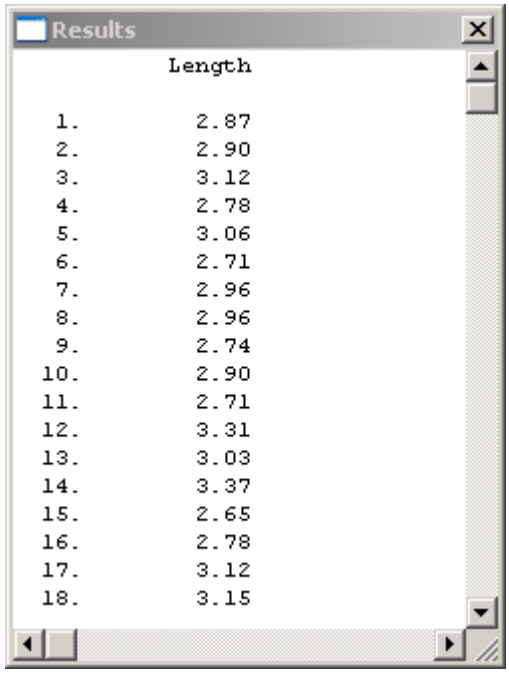

j06_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



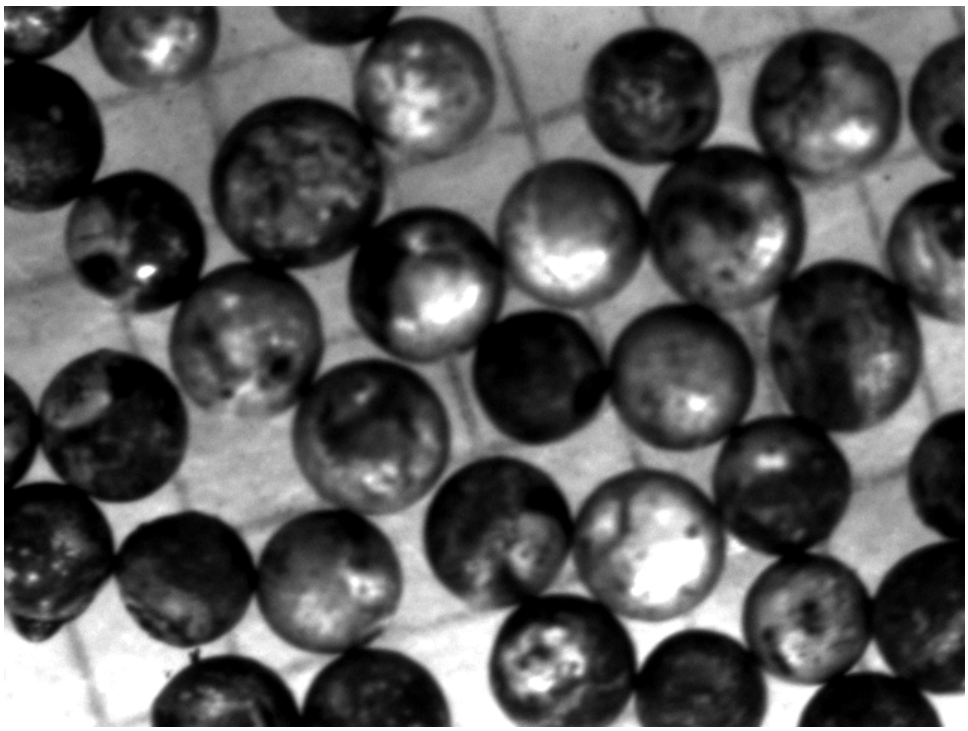
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,500	1,114	3,899
2	3,060	0,974	2,981
3	2,740	0,872	2,390
4	2,740	0,872	2,390
5	2,810	0,894	2,513
6	3,630	1,155	4,194
7	3,030	0,964	2,922
8	3,280	1,044	3,425
9	2,930	0,933	2,733
10	2,930	0,933	2,733
11	2,460	0,783	1,926
12	2,840	0,904	2,567
13	3,090	0,984	3,039
14	3,340	1,063	3,551
15	3,220	1,025	3,300
16	3,030	0,964	2,922
17	3,060	0,974	2,981
18	3,090	0,984	3,039



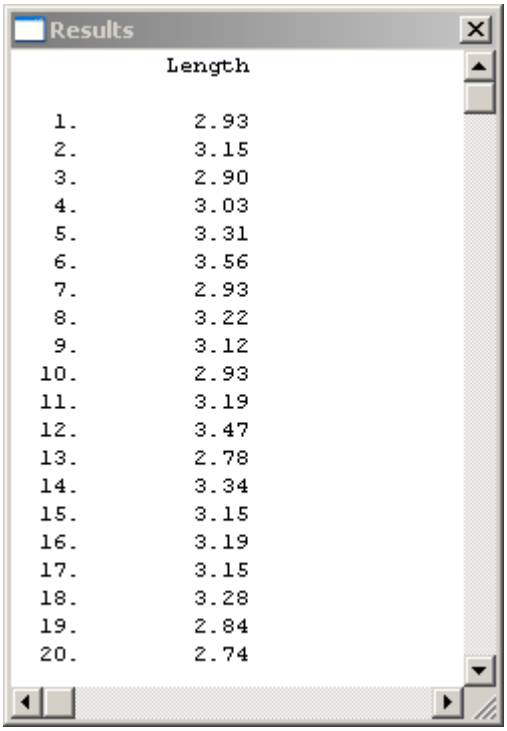

j07_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



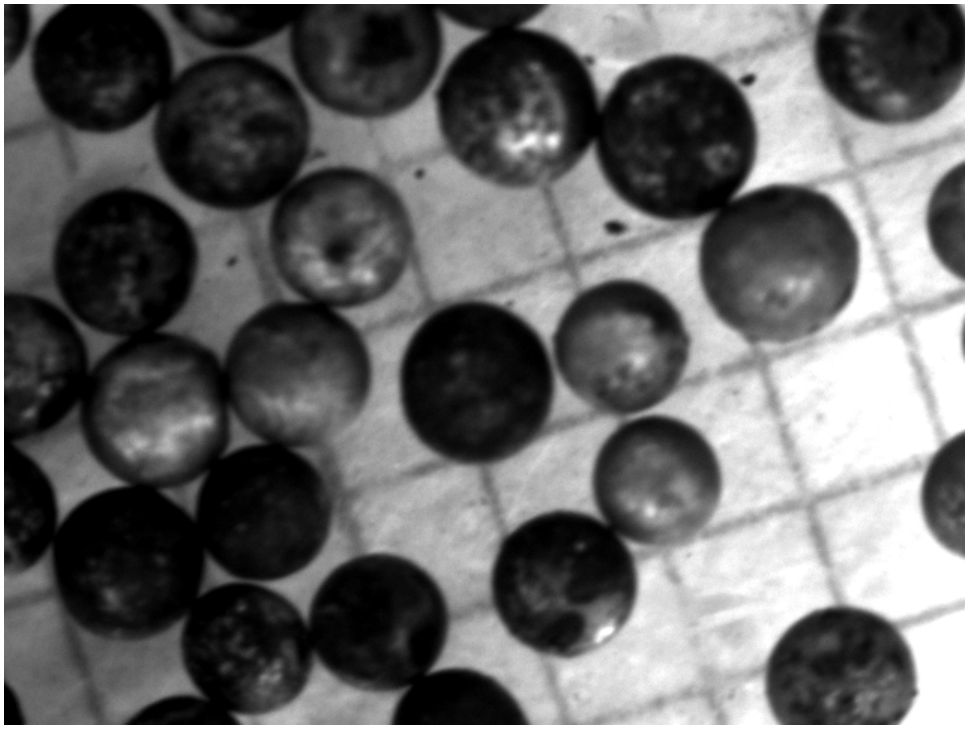
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,870	0,914	2,622
2	2,900	0,923	2,677
3	3,120	0,993	3,099
4	2,780	0,885	2,460
5	3,060	0,974	2,981
6	2,710	0,863	2,338
7	2,960	0,942	2,789
8	2,960	0,942	2,789
9	2,740	0,872	2,390
10	2,900	0,923	2,677
11	2,710	0,863	2,338
12	3,310	1,054	3,487
13	3,030	0,964	2,922
14	3,370	1,073	3,615
15	2,650	0,844	2,235
16	2,780	0,885	2,460
17	3,120	0,993	3,099
18	3,150	1,003	3,158



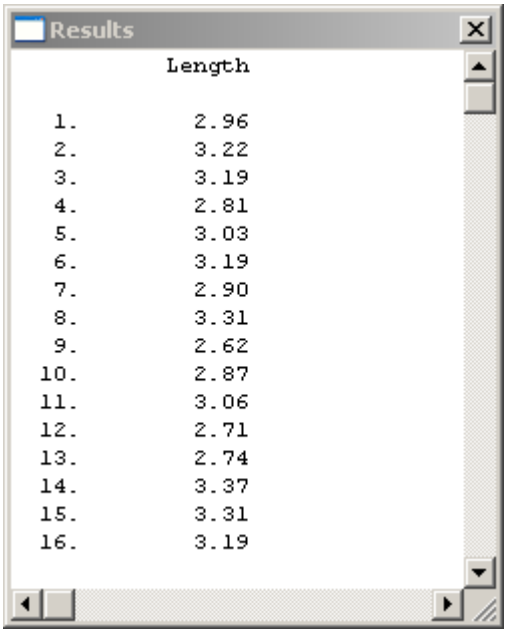

j08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20



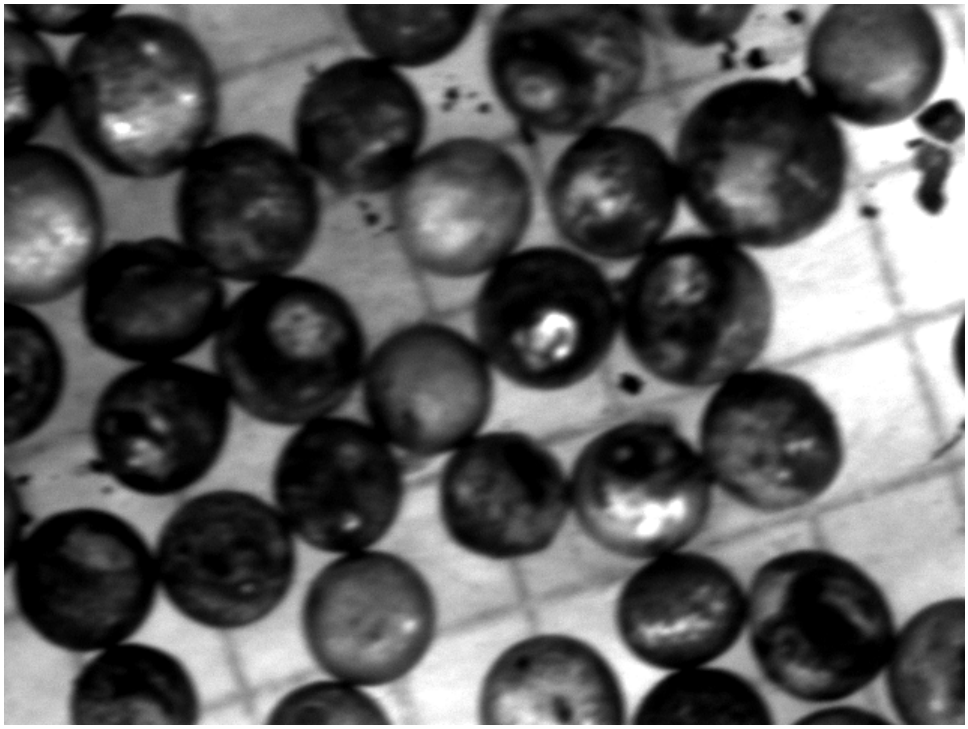
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,930	0,933	2,733
2	3,150	1,003	3,158
3	2,900	0,923	2,677
4	3,030	0,964	2,922
5	3,310	1,054	3,487
6	3,560	1,133	4,034
7	2,930	0,933	2,733
8	3,220	1,025	3,300
9	3,120	0,993	3,099
10	2,930	0,933	2,733
11	3,190	1,015	3,239
12	3,470	1,105	3,833
13	2,780	0,885	2,460
14	3,340	1,063	3,551
15	3,150	1,003	3,158
16	3,190	1,015	3,239
17	3,150	1,003	3,158
18	3,280	1,044	3,425
19	2,840	0,904	2,567
20	2,740	0,872	2,390



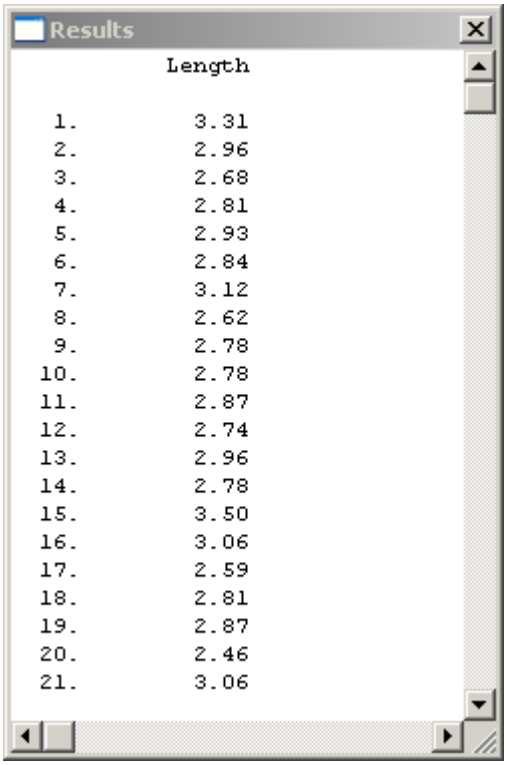

j09_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



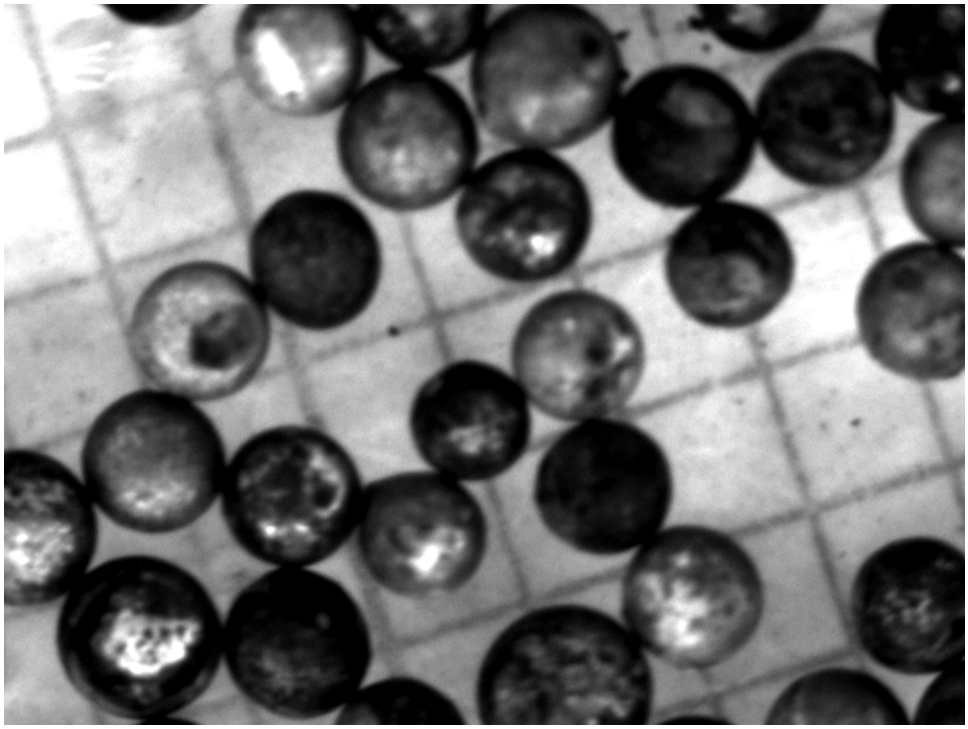
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,960	0,942	2,789
2	3,220	1,025	3,300
3	3,190	1,015	3,239
4	2,810	0,894	2,513
5	3,030	0,964	2,922
6	3,190	1,015	3,239
7	2,900	0,923	2,677
8	3,310	1,054	3,487
9	2,620	0,834	2,185
10	2,870	0,914	2,622
11	3,060	0,974	2,981
12	2,710	0,863	2,338
13	2,740	0,872	2,390
14	3,370	1,073	3,615
15	3,310	1,054	3,487
16	3,190	1,015	3,239



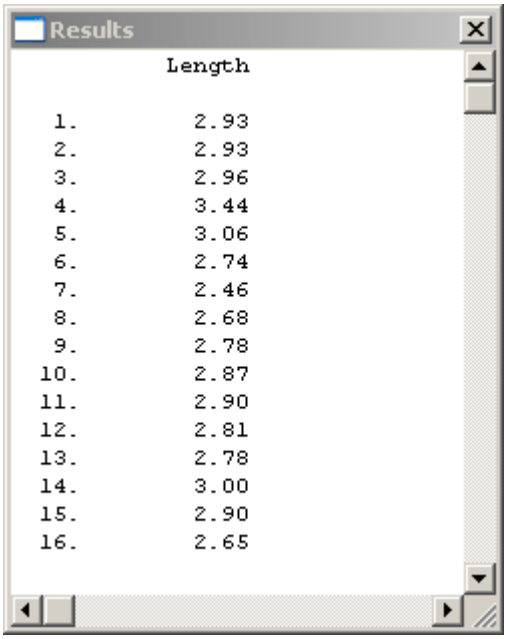

j10_0001.bmp*
1
10
15
2
11
14
3
13
16
7
12
4
19
8
17
18
5
6
9
20
21



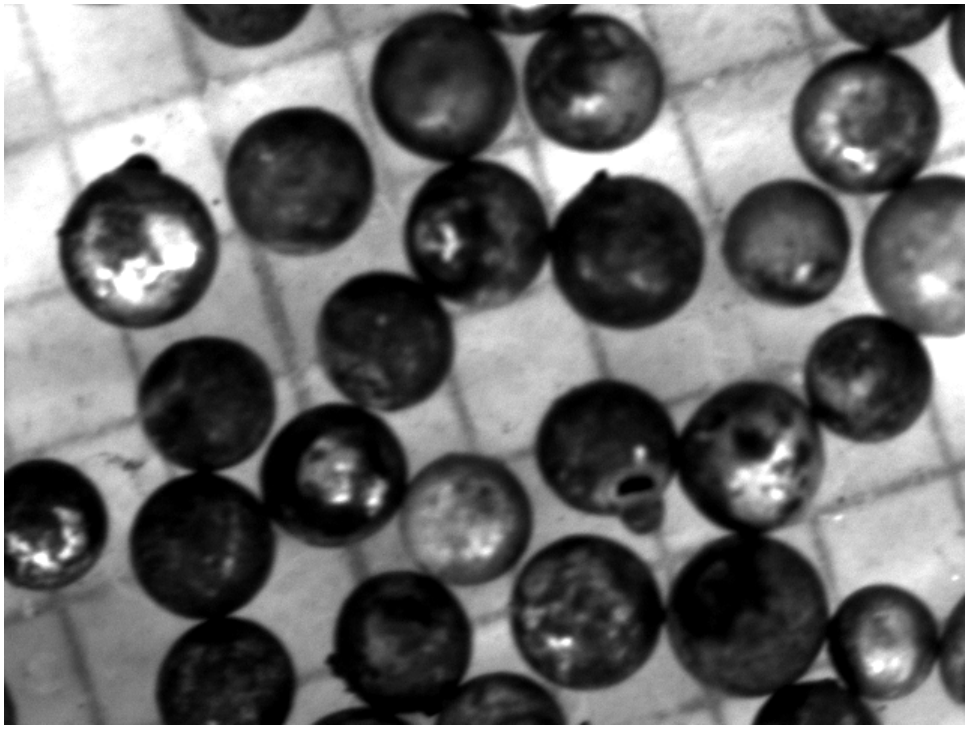
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,310	1,054	3,487
2	2,960	0,942	2,789
3	2,680	0,853	2,286
4	2,810	0,894	2,513
5	2,930	0,933	2,733
6	2,840	0,904	2,567
7	3,120	0,993	3,099
8	2,620	0,834	2,185
9	2,780	0,885	2,460
10	2,780	0,885	2,460
11	2,870	0,914	2,622
12	2,740	0,872	2,390
13	2,960	0,942	2,789
14	2,780	0,885	2,460
15	3,500	1,114	3,899
16	3,060	0,974	2,981
17	2,590	0,824	2,135
18	2,810	0,894	2,513
19	2,870	0,914	2,622
20	2,460	0,783	1,926
21	3,060	0,974	2,981

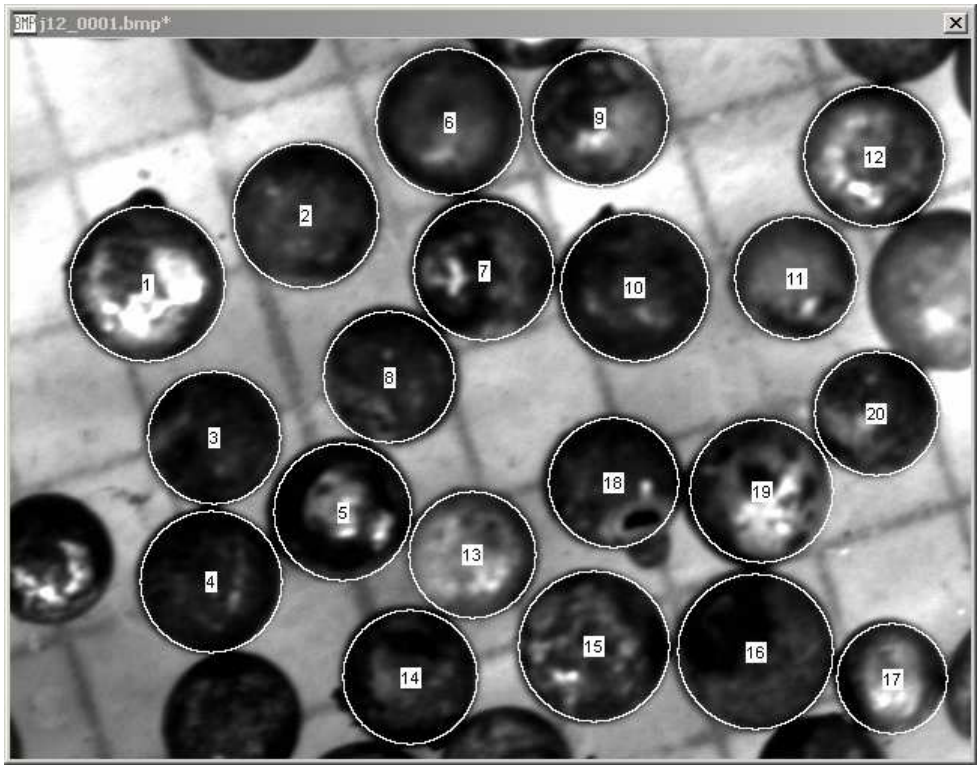


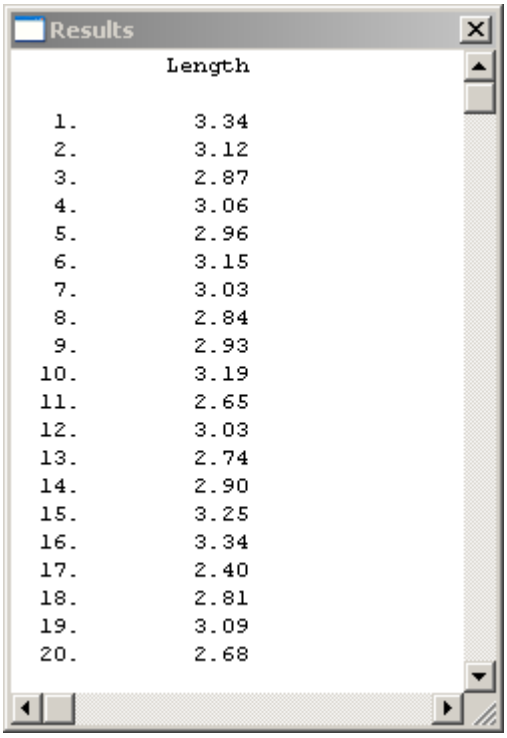

j11_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



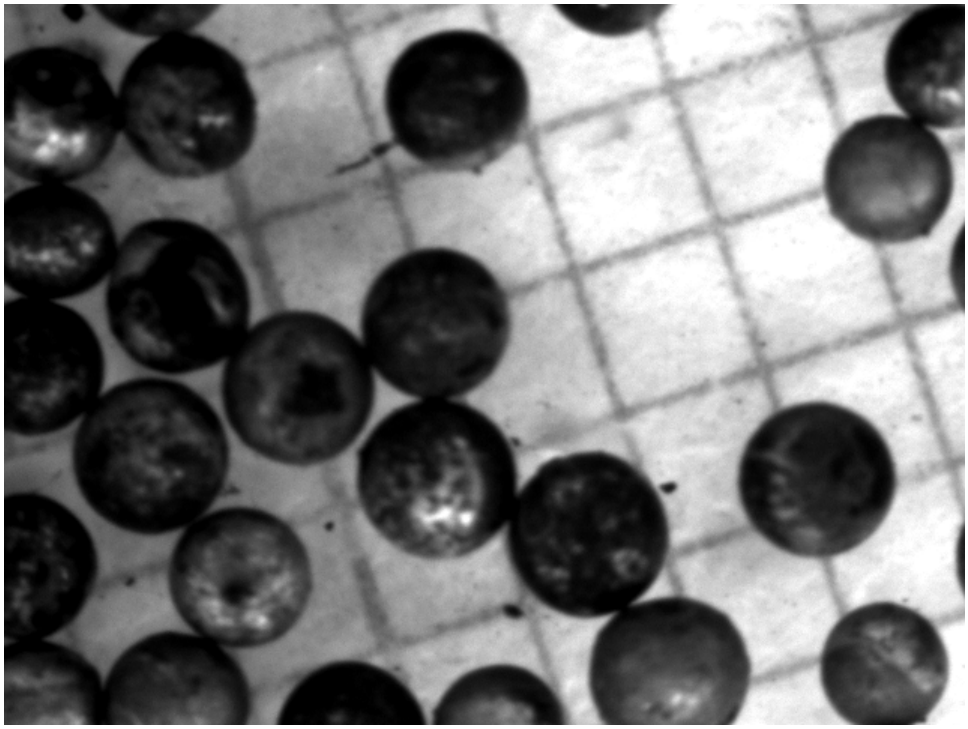
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,930	0,933	2,733
2	2,930	0,933	2,733
3	2,960	0,942	2,789
4	3,440	1,095	3,767
5	3,060	0,974	2,981
6	2,740	0,872	2,390
7	2,460	0,783	1,926
8	2,680	0,853	2,286
9	2,780	0,885	2,460
10	2,870	0,914	2,622
11	2,900	0,923	2,677
12	2,810	0,894	2,513
13	2,780	0,885	2,460
14	3,000	0,955	2,865
15	2,900	0,923	2,677
16	2,650	0,844	2,235



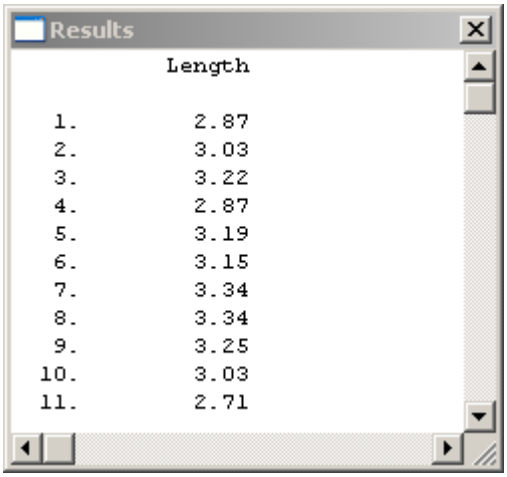

j12_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20



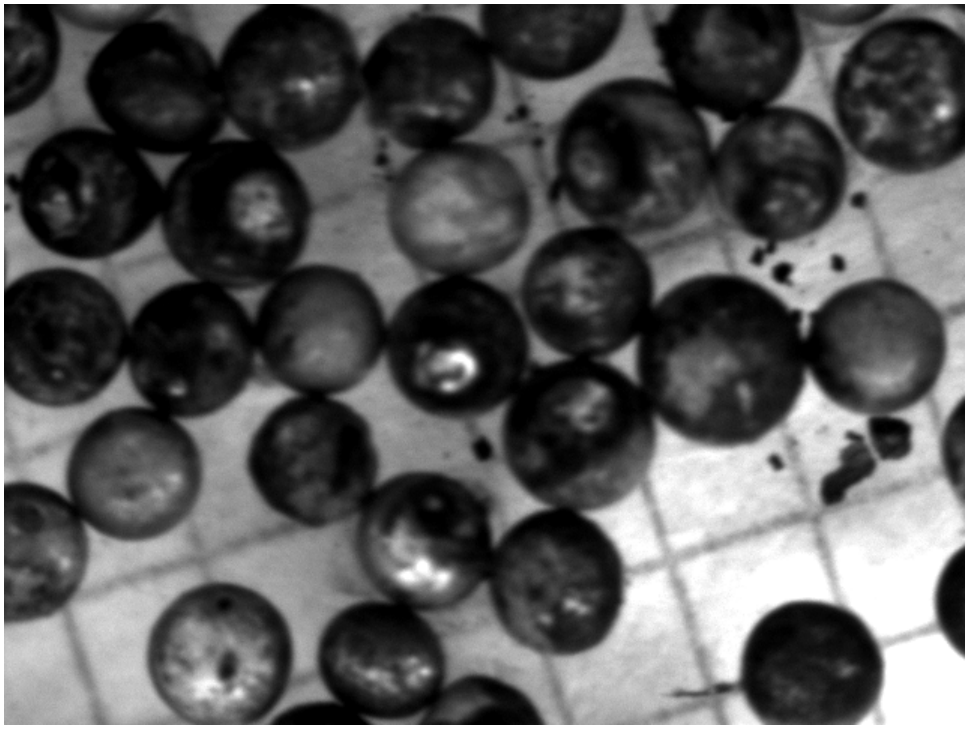
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,340	1,063	3,551
2	3,120	0,993	3,099
3	2,870	0,914	2,622
4	3,060	0,974	2,981
5	2,960	0,942	2,789
6	3,150	1,003	3,158
7	3,030	0,964	2,922
8	2,840	0,904	2,567
9	2,930	0,933	2,733
10	3,190	1,015	3,239
11	2,650	0,844	2,235
12	3,030	0,964	2,922
13	2,740	0,872	2,390
14	2,900	0,923	2,677
15	3,250	1,035	3,362
16	3,340	1,063	3,551
17	2,400	0,764	1,833
18	2,810	0,894	2,513
19	3,090	0,984	3,039
20	2,680	0,853	2,286



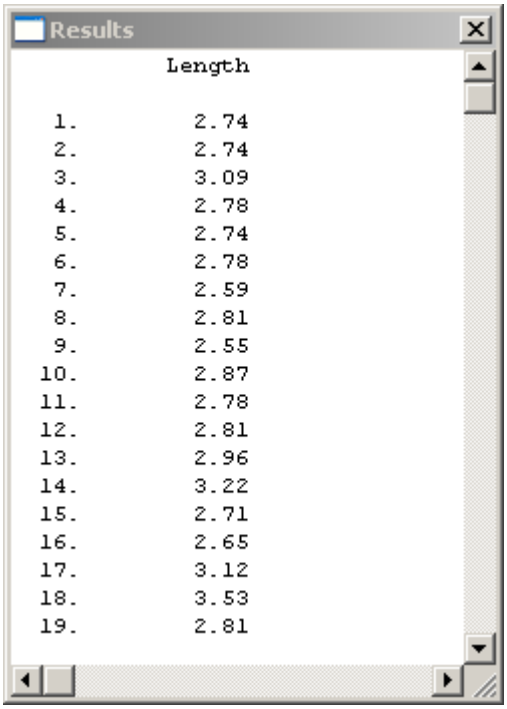

j13_0001.bmp*
1
10
11
2
6
5
3
7
9
8
4



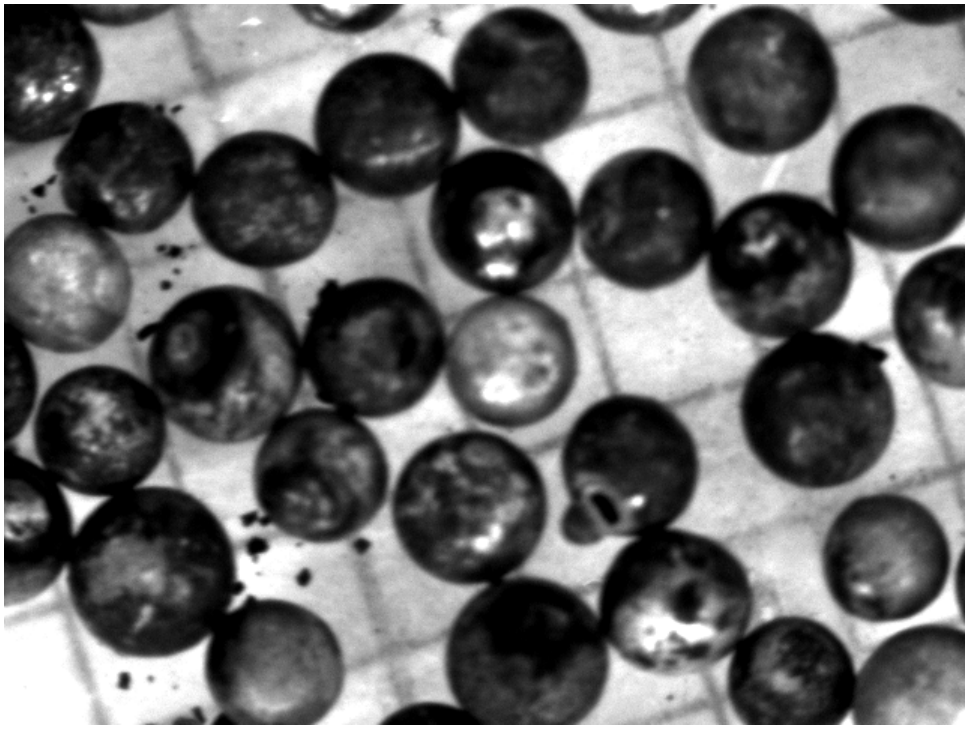
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,870	0,914	2,622
2	3,030	0,964	2,922
3	3,220	1,025	3,300
4	2,870	0,914	2,622
5	3,190	1,015	3,239
6	3,150	1,003	3,158
7	3,340	1,063	3,551
8	3,340	1,063	3,551
9	3,250	1,035	3,362
10	3,030	0,964	2,922
11	2,710	0,863	2,338



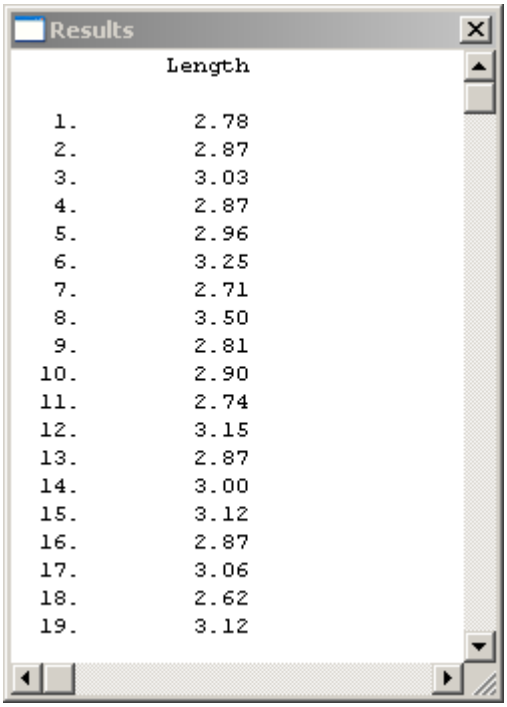

j14_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,740	0,872	2,390
2	2,740	0,872	2,390
3	3,090	0,984	3,039
4	2,780	0,885	2,460
5	2,740	0,872	2,390
6	2,780	0,885	2,460
7	2,590	0,824	2,135
8	2,810	0,894	2,513
9	2,550	0,812	2,070
10	2,870	0,914	2,622
11	2,780	0,885	2,460
12	2,810	0,894	2,513
13	2,960	0,942	2,789
14	3,220	1,025	3,300
15	2,710	0,863	2,338
16	2,650	0,844	2,235
17	3,120	0,993	3,099
18	3,530	1,124	3,966
19	2,810	0,894	2,513

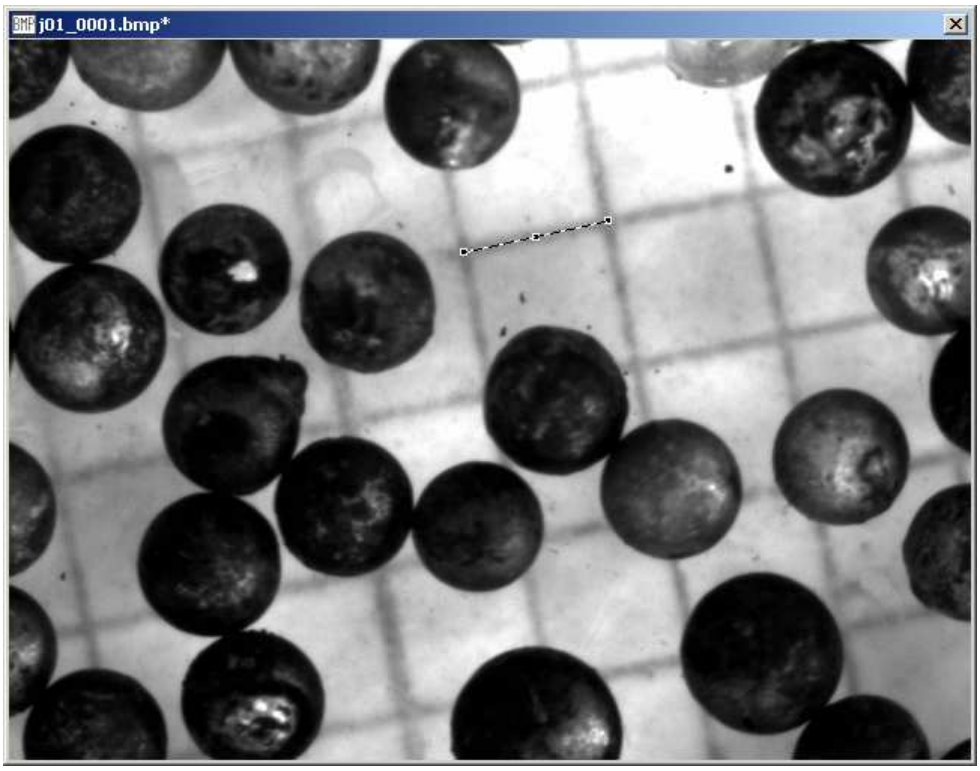


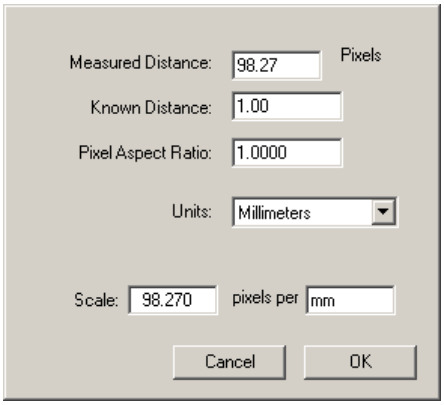

j15_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19

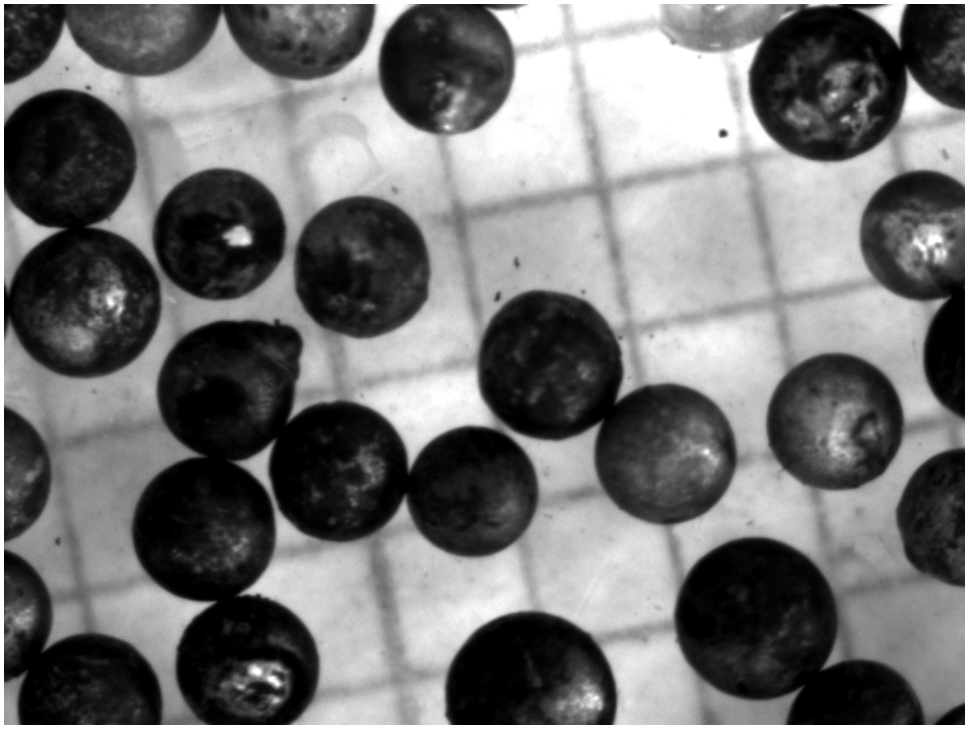


	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,780	0,885	2,460
2	2,870	0,914	2,622
3	3,030	0,964	2,922
4	2,870	0,914	2,622
5	2,960	0,942	2,789
6	3,250	1,035	3,362
7	2,710	0,863	2,338
8	3,500	1,114	3,899
9	2,810	0,894	2,513
10	2,900	0,923	2,677
11	2,740	0,872	2,390
12	3,150	1,003	3,158
13	2,870	0,914	2,622
14	3,000	0,955	2,865
15	3,120	0,993	3,099
16	2,870	0,914	2,622
17	3,060	0,974	2,981
18	2,620	0,834	2,185
19	3,120	0,993	3,099

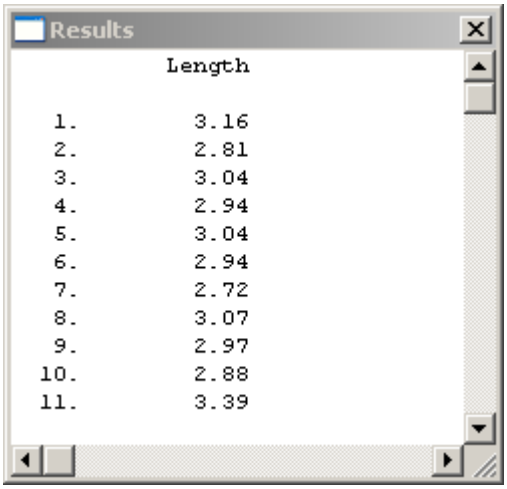
D.2.6 DIA 17 (08-MAIO-2009)



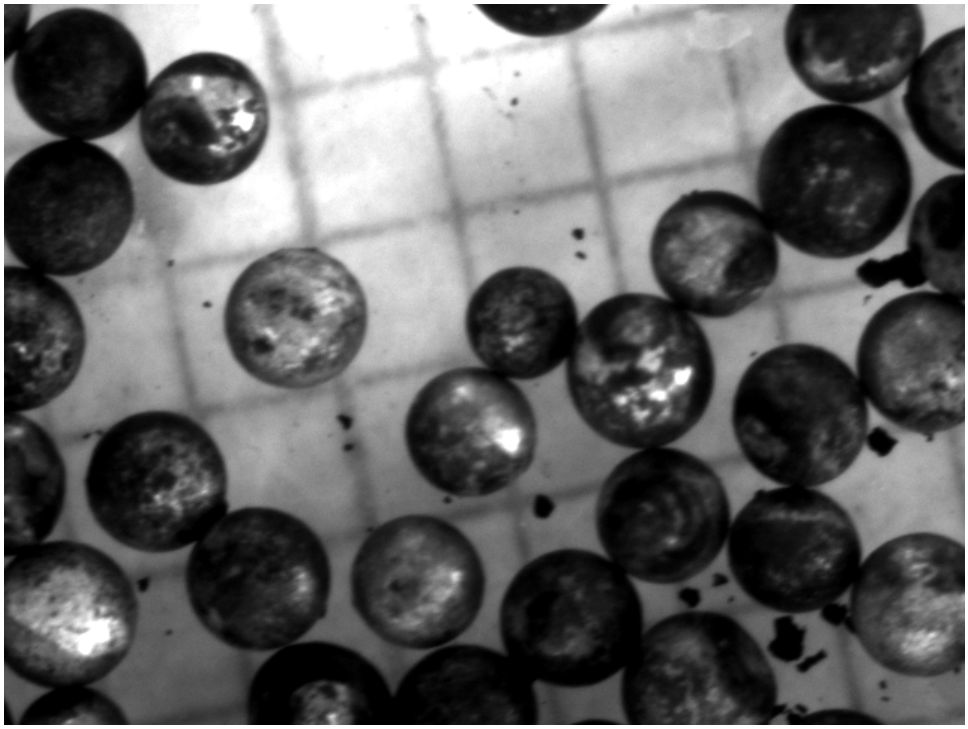




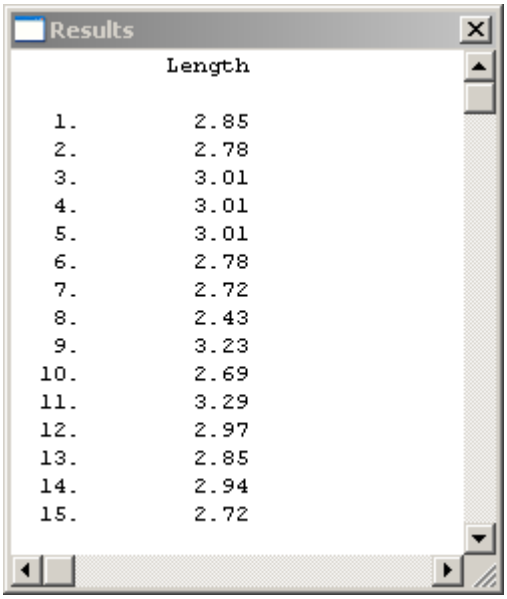

j01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11



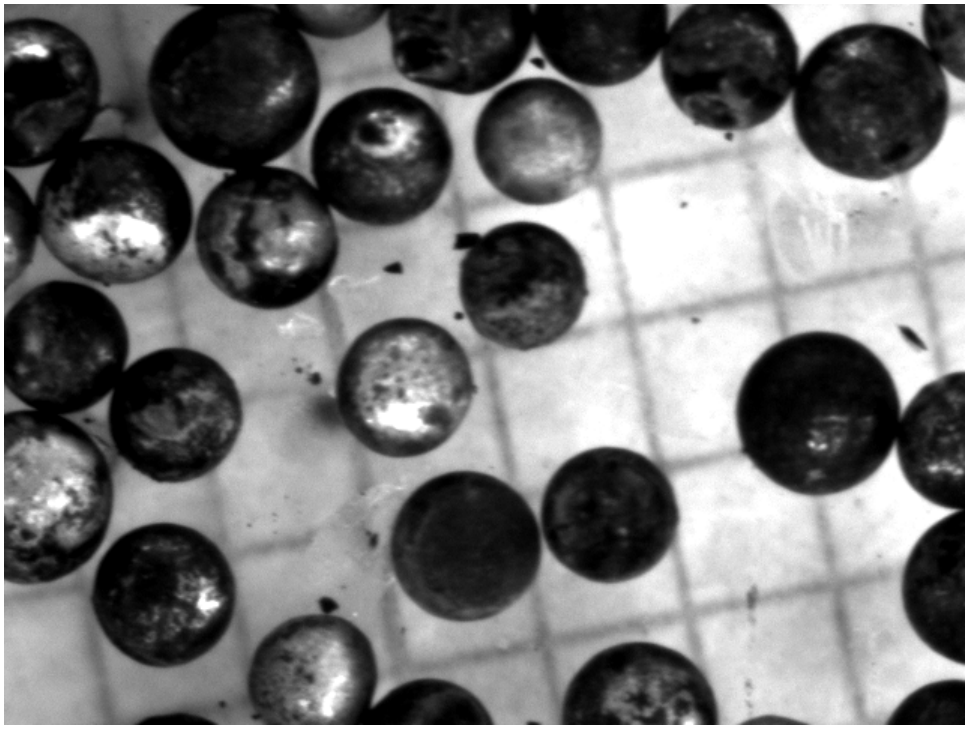
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,160	1,006	3,179
2	2,810	0,894	2,513
3	3,040	0,968	2,942
4	2,940	0,936	2,751
5	3,040	0,968	2,942
6	2,940	0,936	2,751
7	2,720	0,866	2,355
8	3,070	0,977	3,000
9	2,970	0,945	2,808
10	2,880	0,917	2,640
11	3,390	1,079	3,658



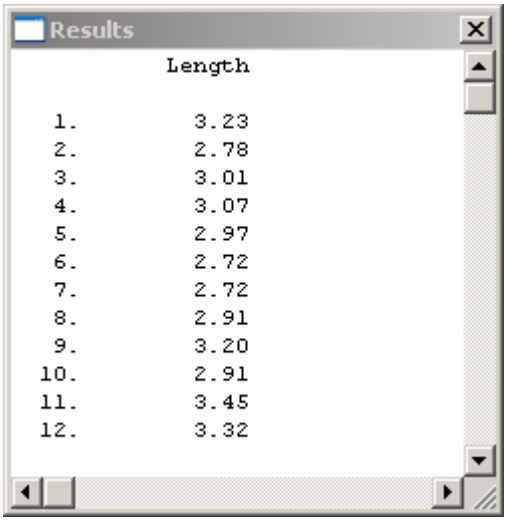

j02_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



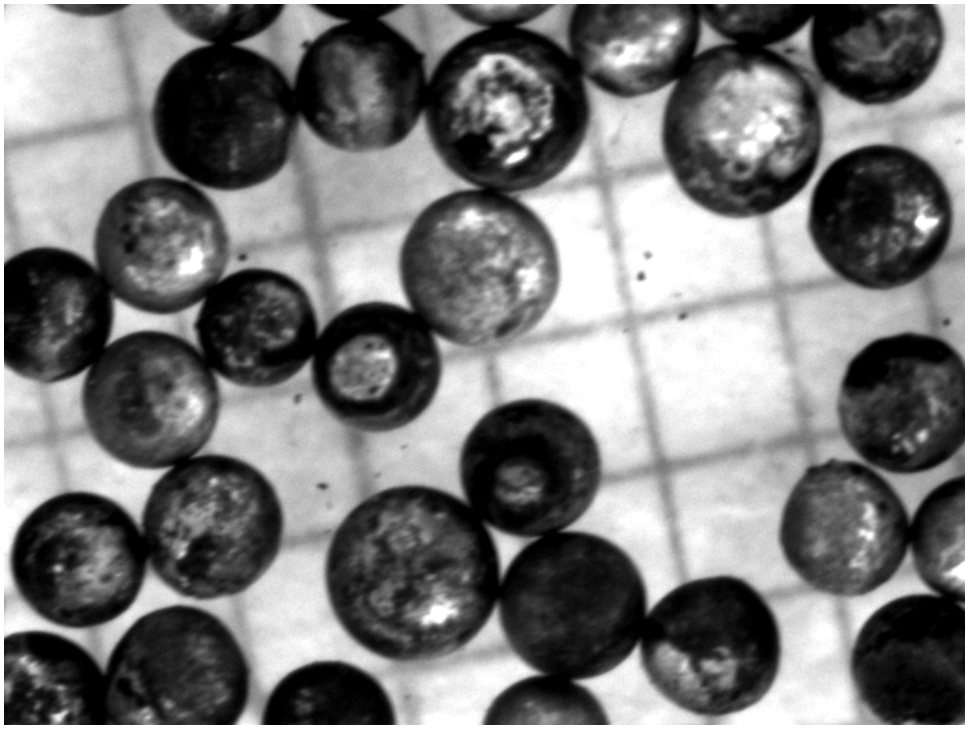
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,850	0,907	2,585
2	2,780	0,885	2,460
3	3,010	0,958	2,884
4	3,010	0,958	2,884
5	3,010	0,958	2,884
6	2,780	0,885	2,460
7	2,720	0,866	2,355
8	2,430	0,773	1,880
9	3,230	1,028	3,321
10	2,690	0,856	2,303
11	3,290	1,047	3,445
12	2,970	0,945	2,808
13	2,850	0,907	2,585
14	2,940	0,936	2,751
15	2,720	0,866	2,355



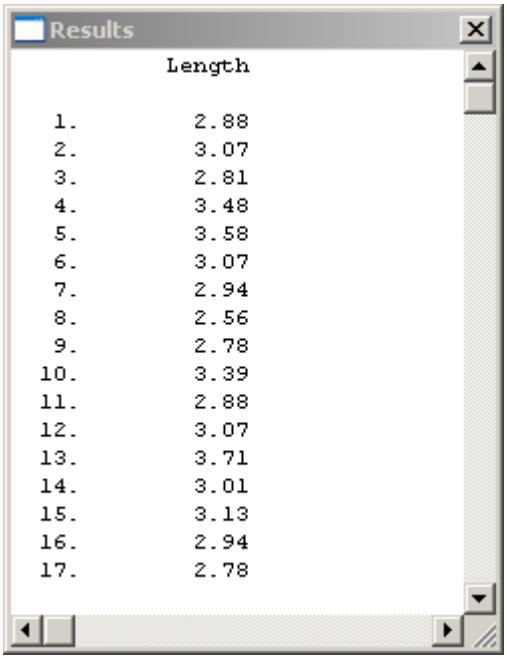

j03_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12



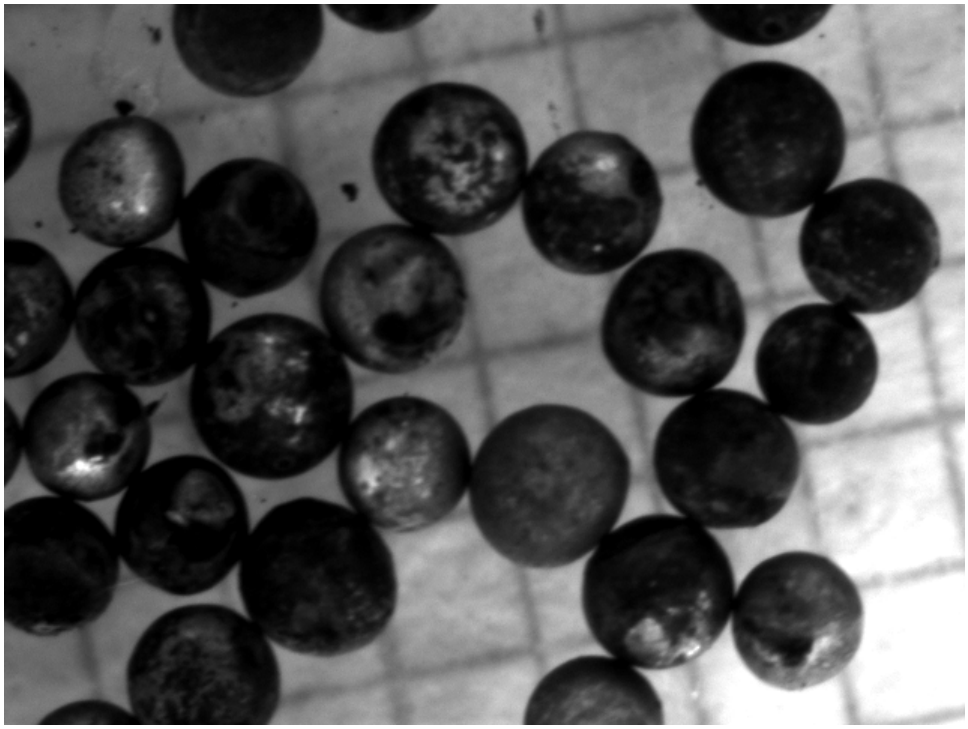
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,230	1,028	3,321
2	2,780	0,885	2,460
3	3,010	0,958	2,884
4	3,070	0,977	3,000
5	2,970	0,945	2,808
6	2,720	0,866	2,355
7	2,720	0,866	2,355
8	2,910	0,926	2,695
9	3,200	1,019	3,259
10	2,910	0,926	2,695
11	3,450	1,098	3,789
12	3,320	1,057	3,509



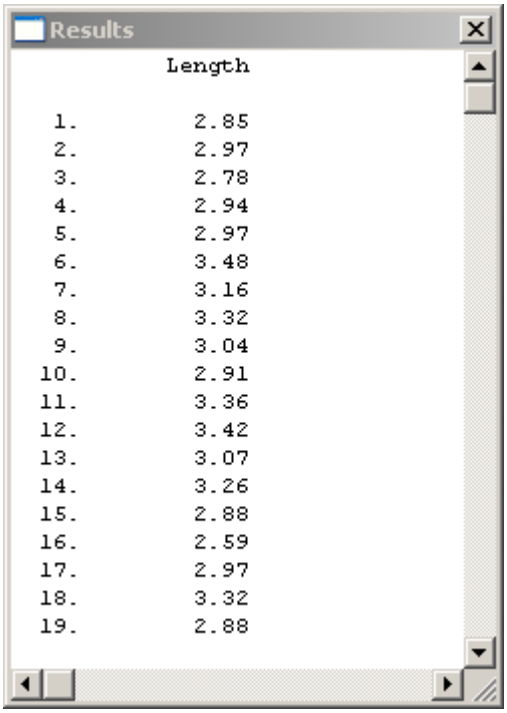

j04_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



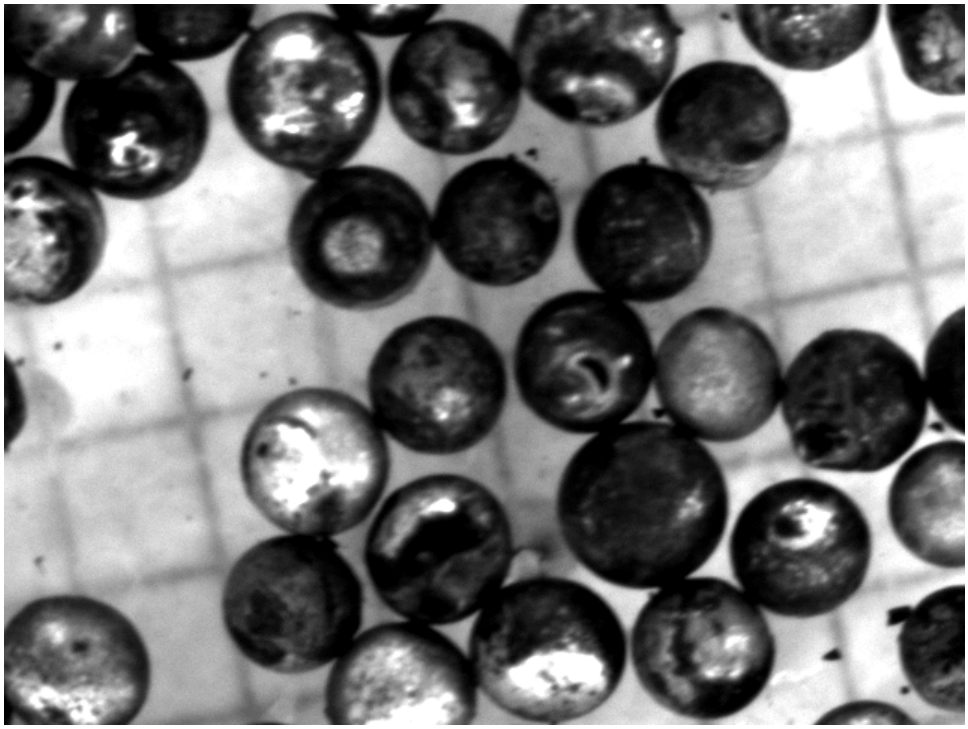
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,880	0,917	2,640
2	3,070	0,977	3,000
3	2,810	0,894	2,513
4	3,480	1,108	3,855
5	3,580	1,140	4,080
6	3,070	0,977	3,000
7	2,940	0,936	2,751
8	2,560	0,815	2,086
9	2,780	0,885	2,460
10	3,390	1,079	3,658
11	2,880	0,917	2,640
12	3,070	0,977	3,000
13	3,710	1,181	4,381
14	3,010	0,958	2,884
15	3,130	0,996	3,118
16	2,940	0,936	2,751
17	2,780	0,885	2,460



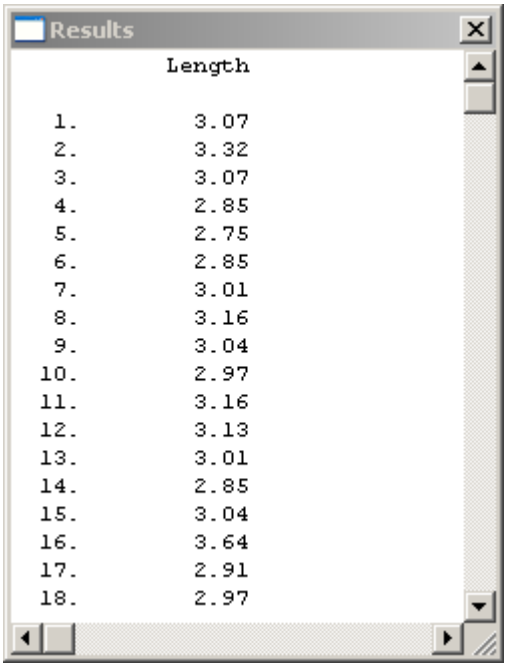

j05_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19



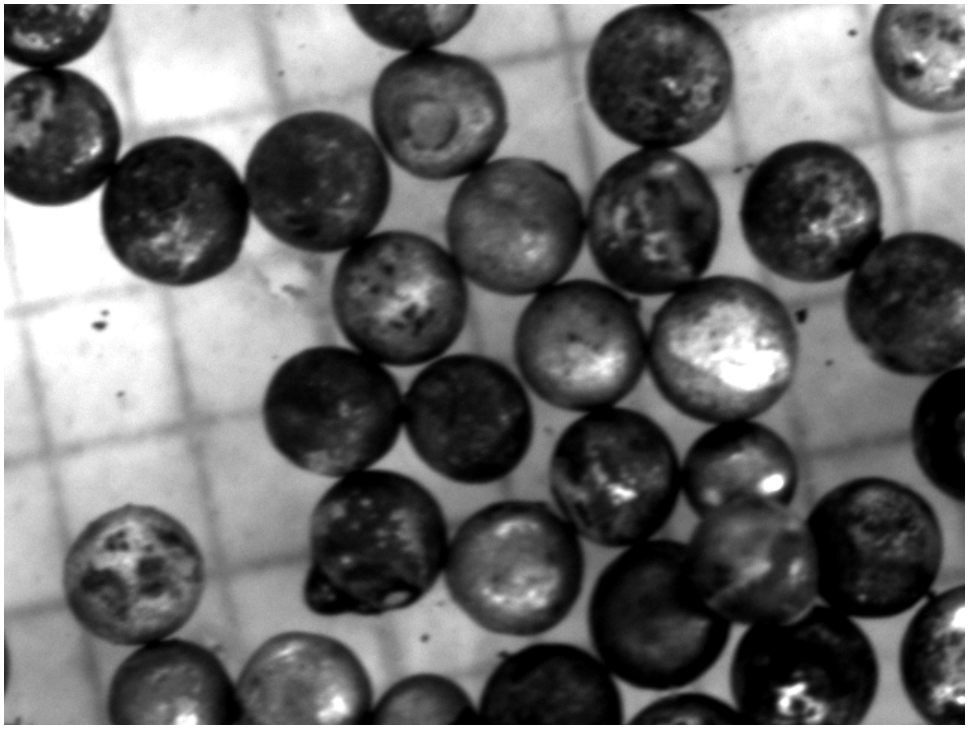
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,850	0,907	2,585
2	2,970	0,945	2,808
3	2,780	0,885	2,460
4	2,940	0,936	2,751
5	2,970	0,945	2,808
6	3,480	1,108	3,855
7	3,160	1,006	3,179
8	3,320	1,057	3,509
9	3,040	0,968	2,942
10	2,910	0,926	2,695
11	3,360	1,070	3,594
12	3,420	1,089	3,723
13	3,070	0,977	3,000
14	3,260	1,038	3,383
15	2,880	0,917	2,640
16	2,590	0,824	2,135
17	2,970	0,945	2,808
18	3,320	1,057	3,509
19	2,880	0,917	2,640



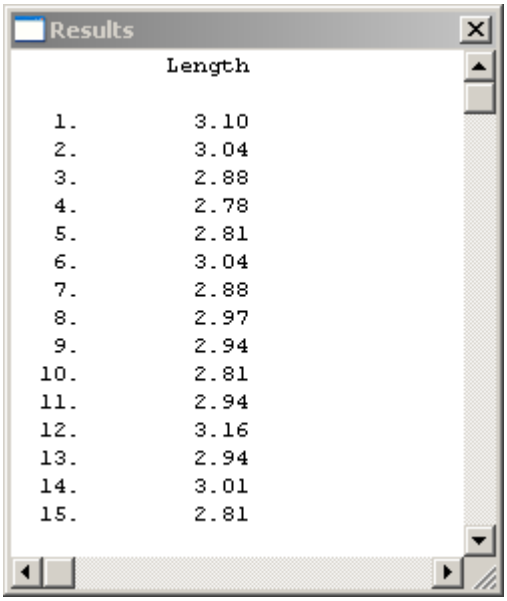

j06_0001.bmp*
1
2
4
6
3
5
7
13
14
15
10
8
16
11
17
9
12
18



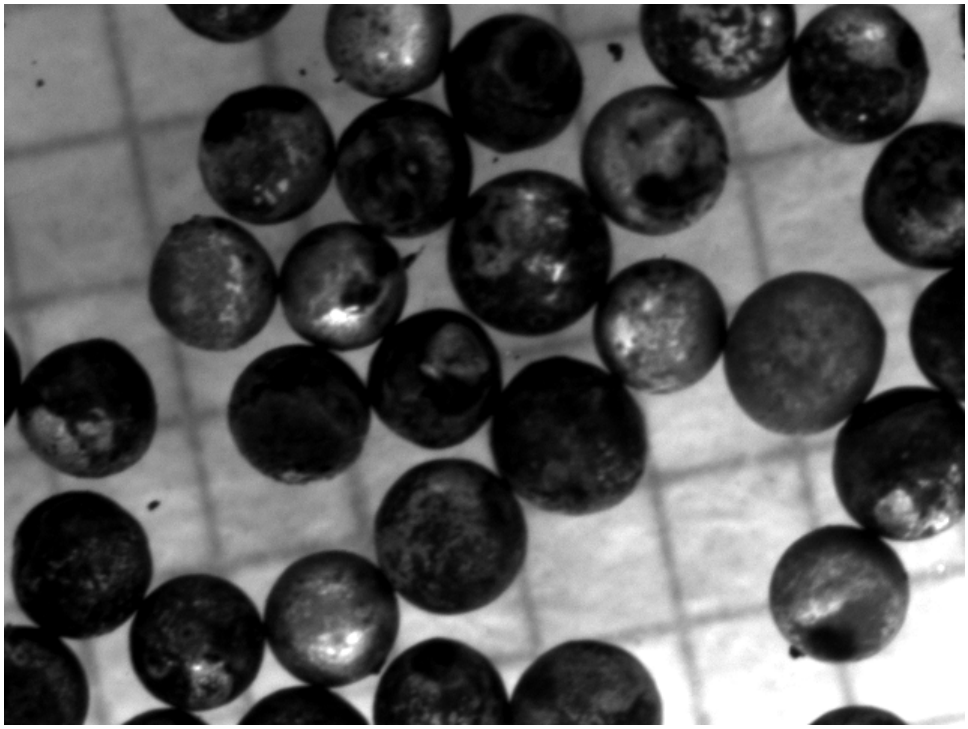
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,070	0,977	3,000
2	3,320	1,057	3,509
3	3,070	0,977	3,000
4	2,850	0,907	2,585
5	2,750	0,875	2,407
6	2,850	0,907	2,585
7	3,010	0,958	2,884
8	3,160	1,006	3,179
9	3,040	0,968	2,942
10	2,970	0,945	2,808
11	3,160	1,006	3,179
12	3,130	0,996	3,118
13	3,010	0,958	2,884
14	2,850	0,907	2,585
15	3,040	0,968	2,942
16	3,640	1,159	4,217
17	2,910	0,926	2,695
18	2,970	0,945	2,808



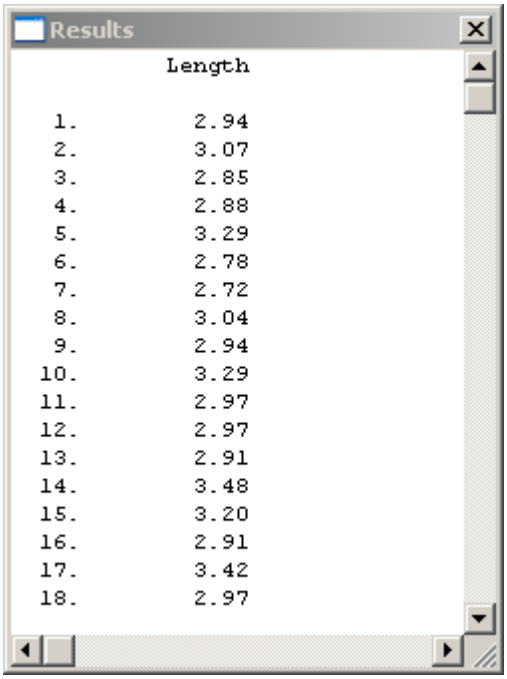

j07_0001.bmp*
1
2
9
13
14
3
10
12
4
5
11
6
7
15
8



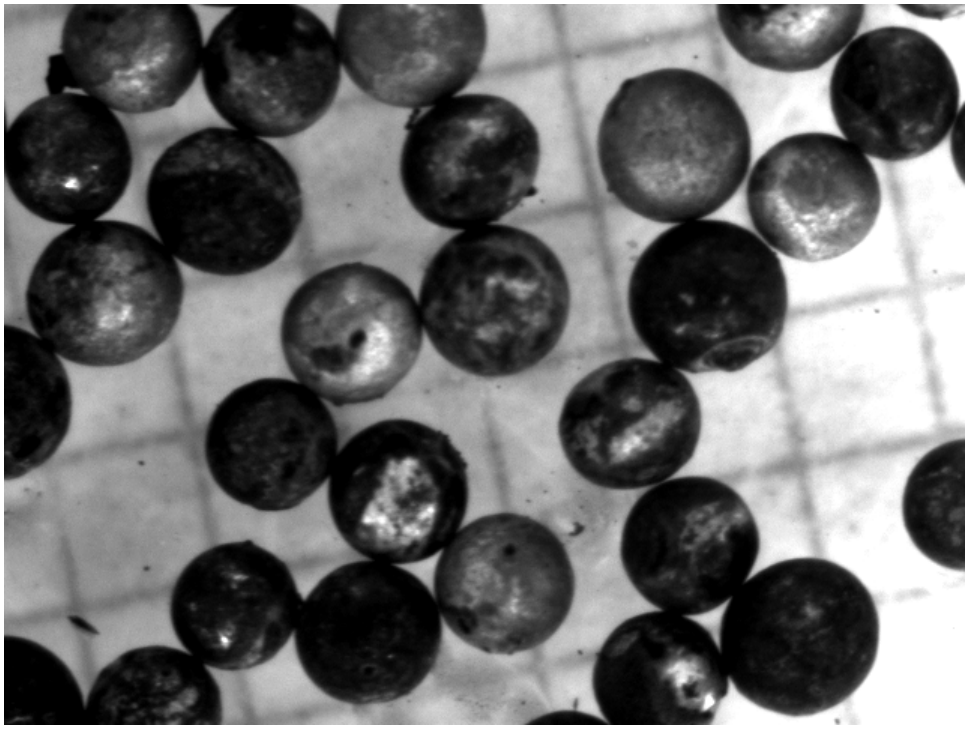
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,100	0,987	3,059
2	3,040	0,968	2,942
3	2,880	0,917	2,640
4	2,780	0,885	2,460
5	2,810	0,894	2,513
6	3,040	0,968	2,942
7	2,880	0,917	2,640
8	2,970	0,945	2,808
9	2,940	0,936	2,751
10	2,810	0,894	2,513
11	2,940	0,936	2,751
12	3,160	1,006	3,179
13	2,940	0,936	2,751
14	3,010	0,958	2,884
15	2,810	0,894	2,513

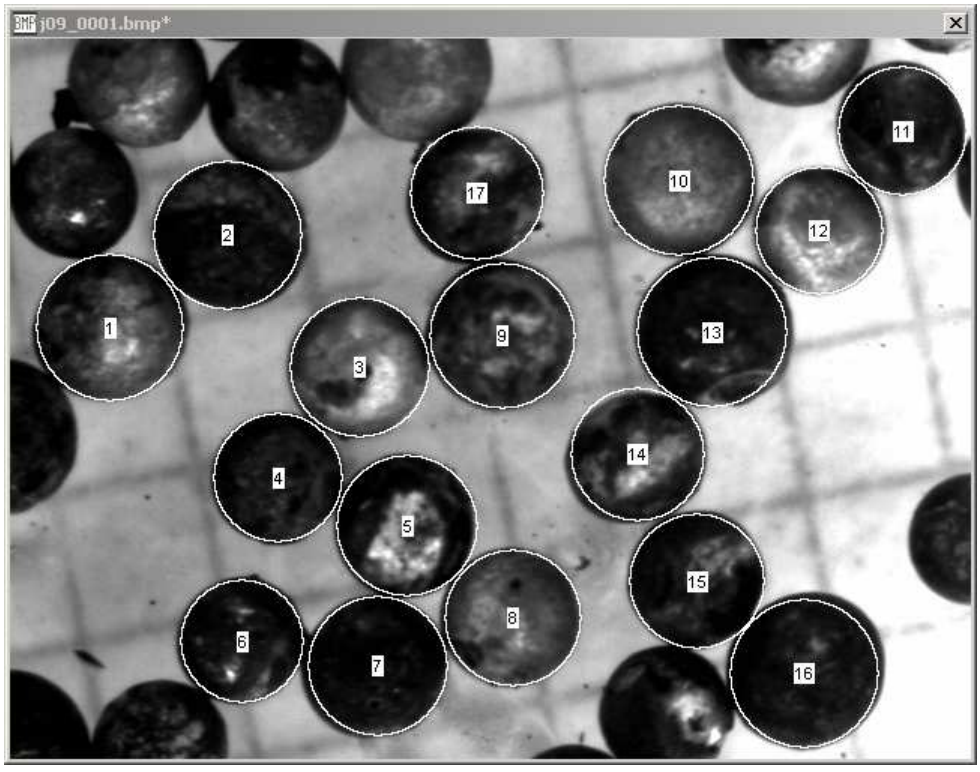


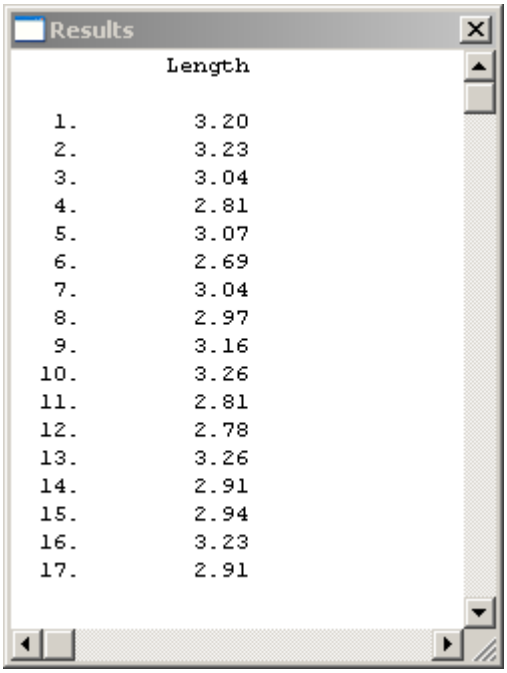

j08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



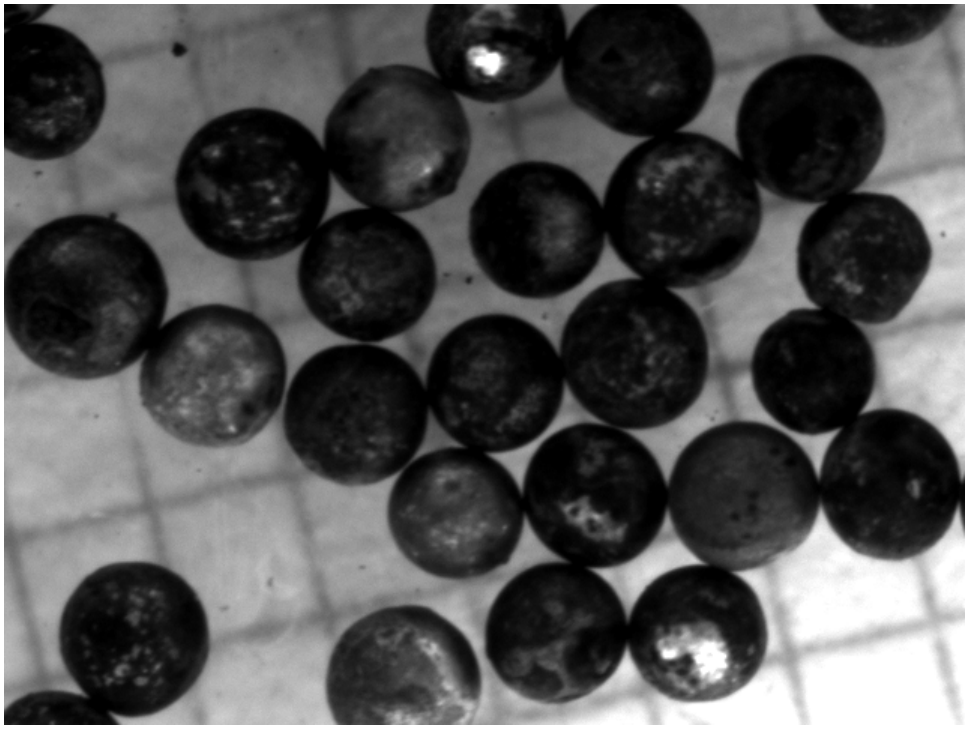
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,940	0,936	2,751
2	3,070	0,977	3,000
3	2,850	0,907	2,585
4	2,880	0,917	2,640
5	3,290	1,047	3,445
6	2,780	0,885	2,460
7	2,720	0,866	2,355
8	3,040	0,968	2,942
9	2,940	0,936	2,751
10	3,290	1,047	3,445
11	2,970	0,945	2,808
12	2,970	0,945	2,808
13	2,910	0,926	2,695
14	3,480	1,108	3,855
15	3,200	1,019	3,259
16	2,910	0,926	2,695
17	3,420	1,089	3,723
18	2,970	0,945	2,808



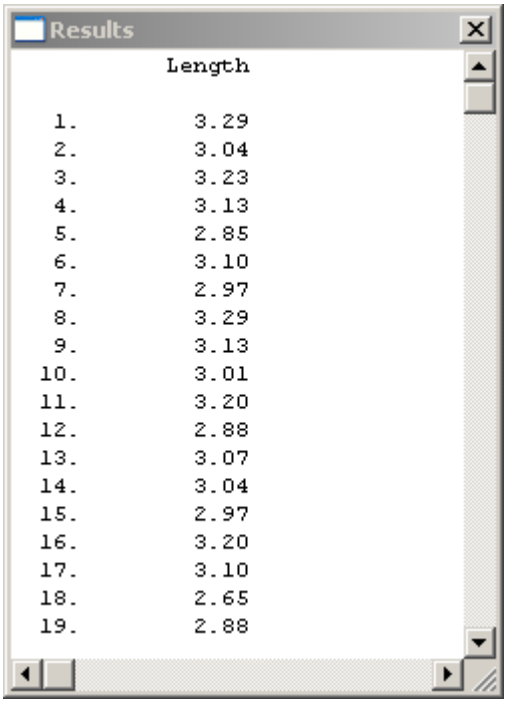

j09_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



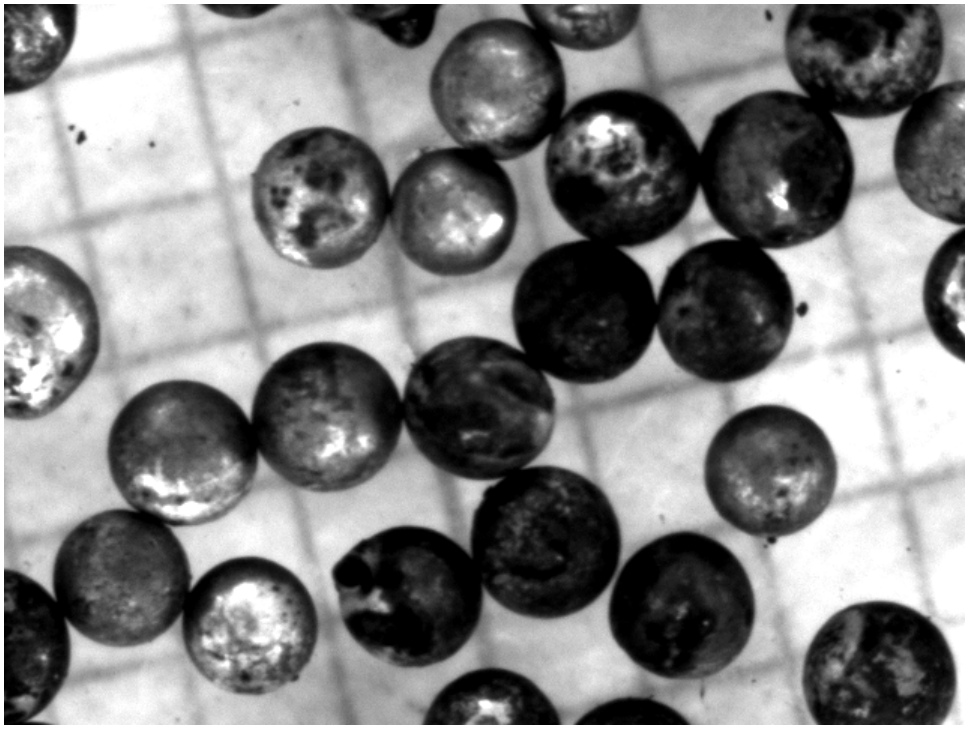
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,20	1,02	3,26
2	3,23	1,03	3,32
3	3,04	0,97	2,94
4	2,81	0,89	2,51
5	3,07	0,98	3,00
6	2,69	0,86	2,30
7	3,04	0,97	2,94
8	2,97	0,95	2,81
9	3,16	1,01	3,18
10	3,26	1,04	3,38
11	2,81	0,89	2,51
12	2,78	0,88	2,46
13	3,26	1,04	3,38
14	2,91	0,93	2,70
15	2,94	0,94	2,75
16	3,23	1,03	3,32
17	2,91	0,93	2,70



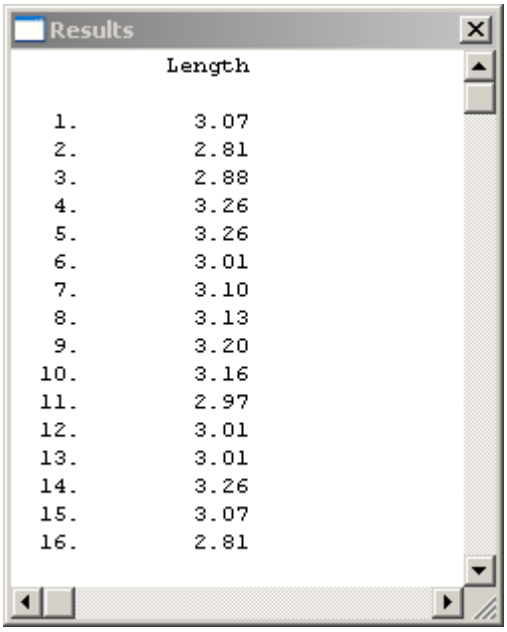

j10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19



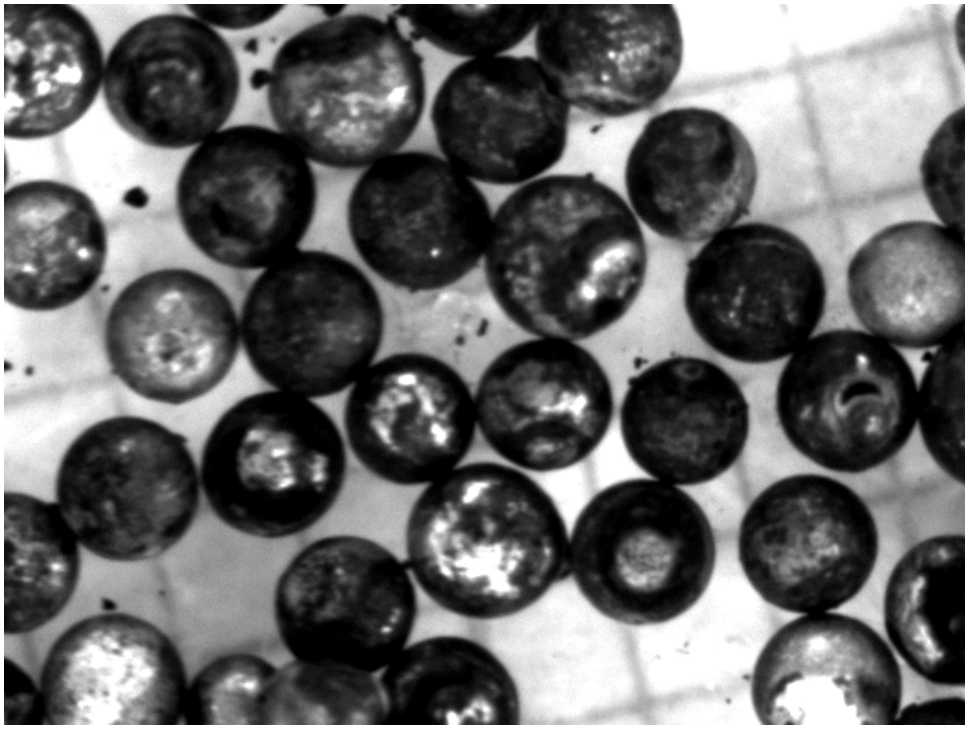
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,290	1,047	3,445
2	3,040	0,968	2,942
3	3,230	1,028	3,321
4	3,130	0,996	3,118
5	2,850	0,907	2,585
6	3,100	0,987	3,059
7	2,970	0,945	2,808
8	3,290	1,047	3,445
9	3,130	0,996	3,118
10	3,010	0,958	2,884
11	3,200	1,019	3,259
12	2,880	0,917	2,640
13	3,070	0,977	3,000
14	3,040	0,968	2,942
15	2,970	0,945	2,808
16	3,200	1,019	3,259
17	3,100	0,987	3,059
18	2,650	0,844	2,235
19	2,880	0,917	2,640

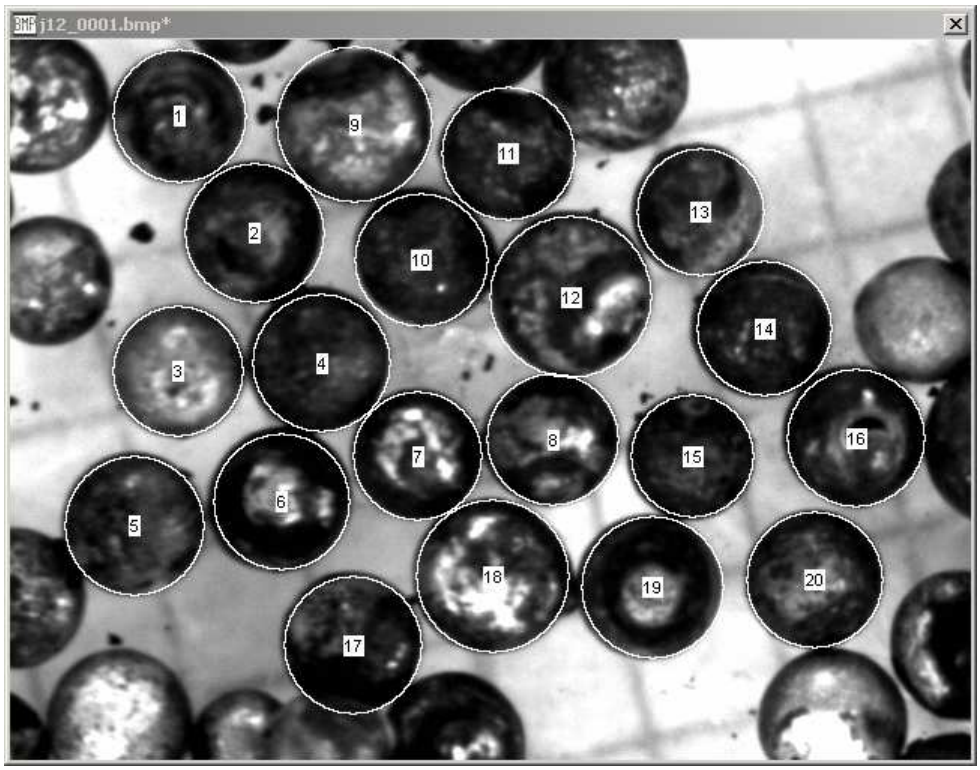


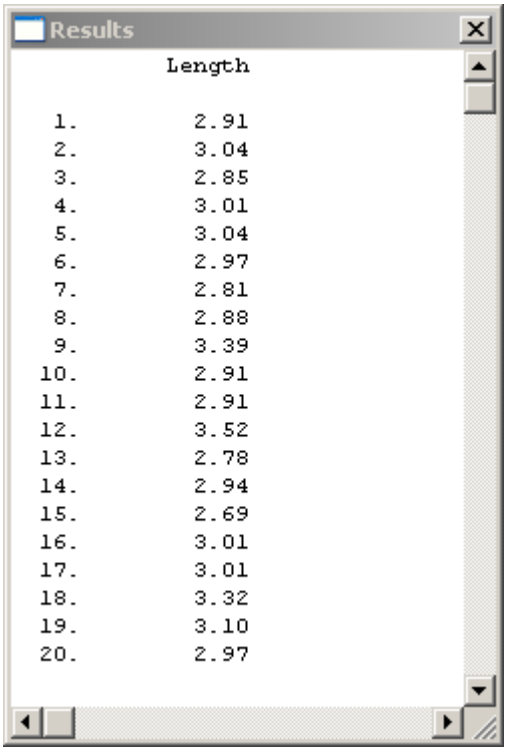

j11_0001.bmp*
1
2
3
4
5
7
8
8
9
10
11
12
13
14
15
16



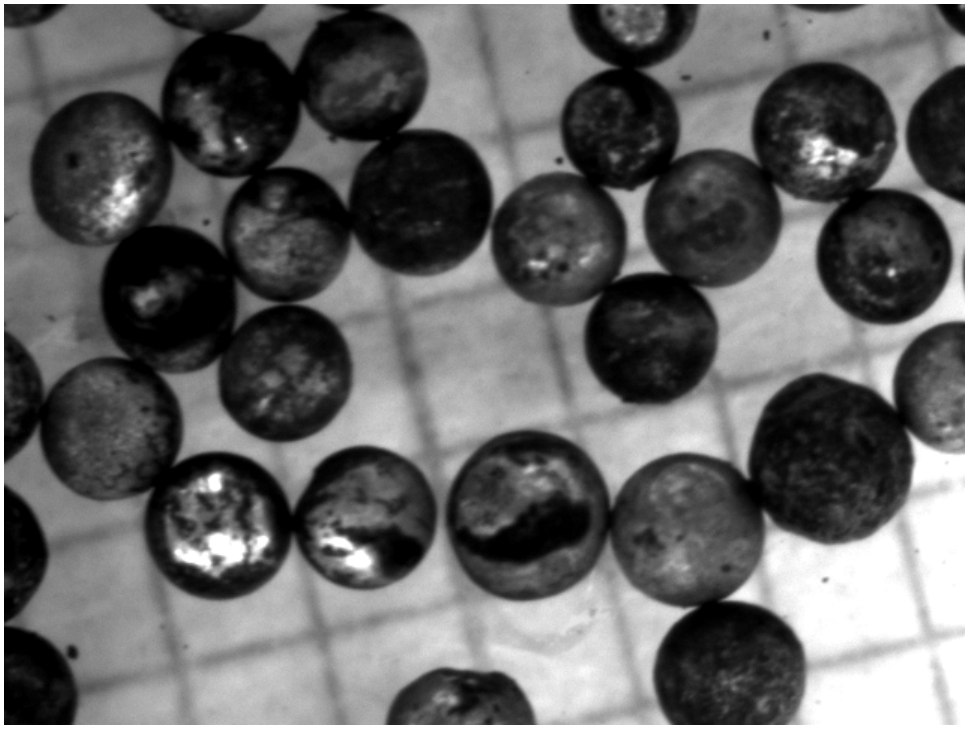
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,070	0,977	3,000
2	2,810	0,894	2,513
3	2,880	0,917	2,640
4	3,260	1,038	3,383
5	3,260	1,038	3,383
6	3,010	0,958	2,884
7	3,100	0,987	3,059
8	3,130	0,996	3,118
9	3,200	1,019	3,259
10	3,160	1,006	3,179
11	2,970	0,945	2,808
12	3,010	0,958	2,884
13	3,010	0,958	2,884
14	3,260	1,038	3,383
15	3,070	0,977	3,000
16	2,810	0,894	2,513



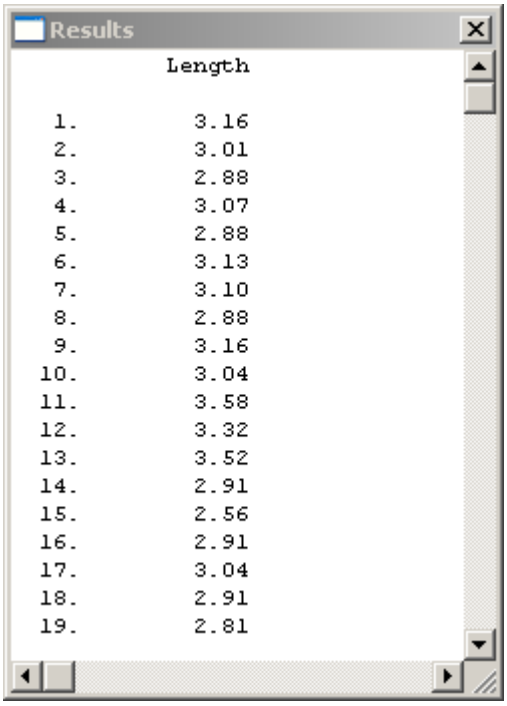

j12_0001.bmp*
1
9
11
2
13
10
12
14
3
4
8
7
15
16
6
5
18
19
20
17



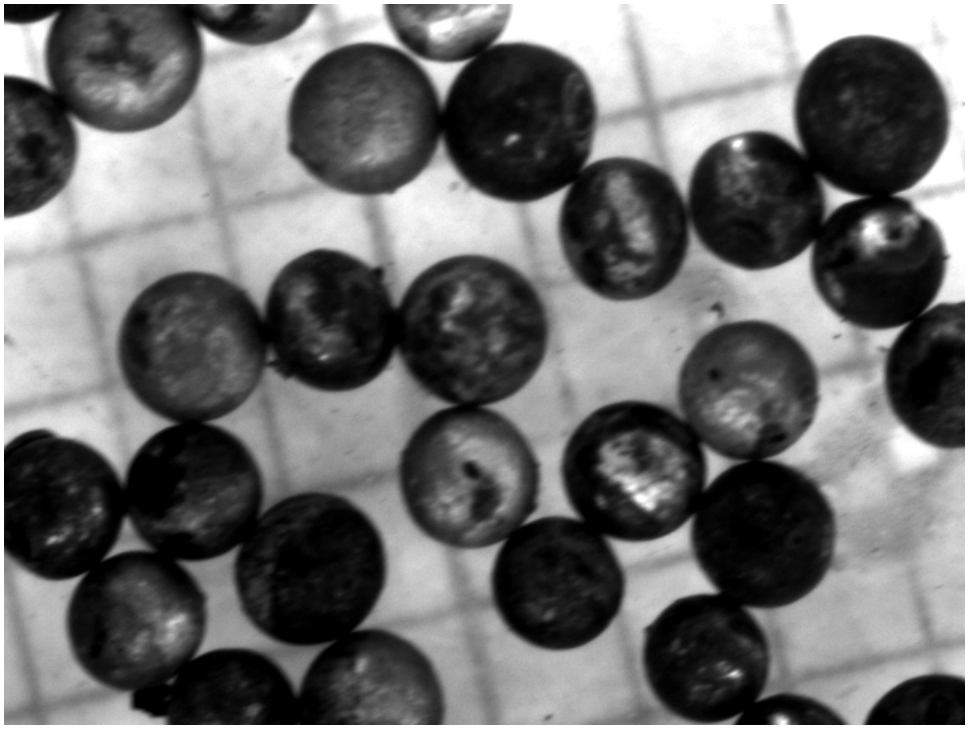
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,910	0,926	2,695
2	3,040	0,968	2,942
3	2,850	0,907	2,585
4	3,010	0,958	2,884
5	3,040	0,968	2,942
6	2,970	0,945	2,808
7	2,810	0,894	2,513
8	2,880	0,917	2,640
9	3,390	1,079	3,658
10	2,910	0,926	2,695
11	2,910	0,926	2,695
12	3,520	1,120	3,944
13	2,780	0,885	2,460
14	2,940	0,936	2,751
15	2,690	0,856	2,303
16	3,010	0,958	2,884
17	3,010	0,958	2,884
18	3,320	1,057	3,509
19	3,100	0,987	3,059
20	2,970	0,945	2,808



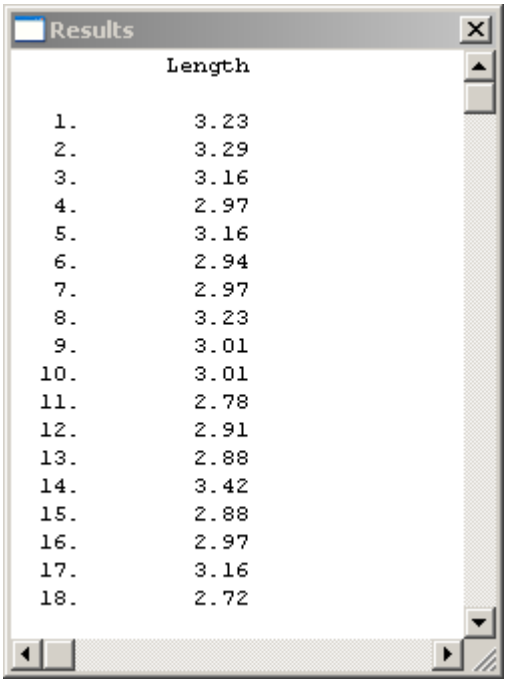

j13_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19



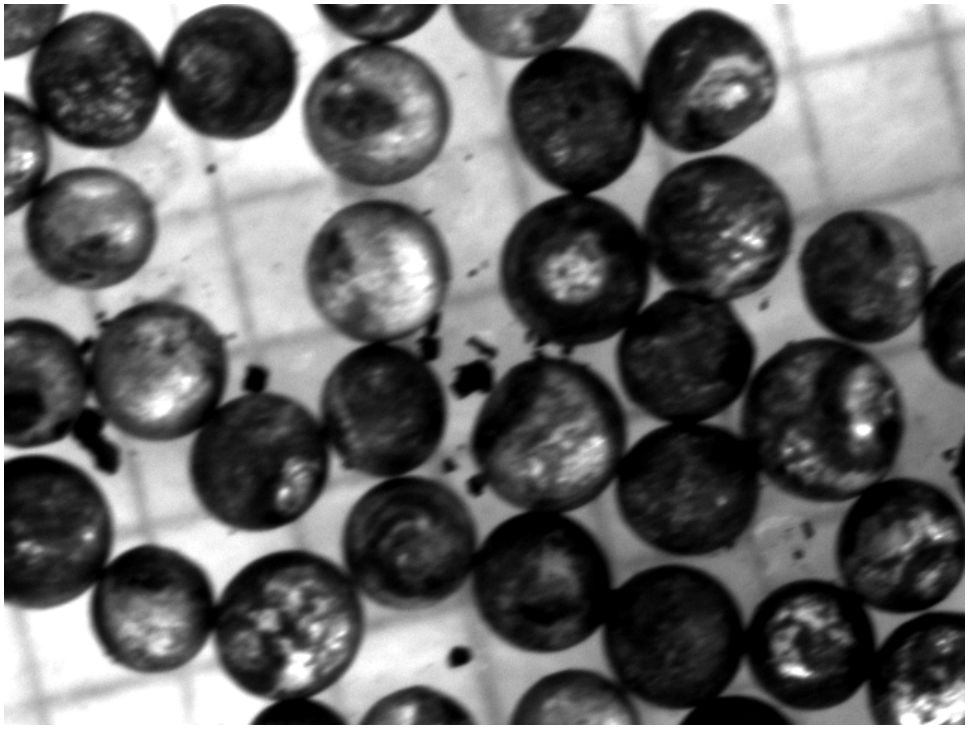
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,160	1,006	3,179
2	3,010	0,958	2,884
3	2,880	0,917	2,640
4	3,070	0,977	3,000
5	2,880	0,917	2,640
6	3,130	0,996	3,118
7	3,100	0,987	3,059
8	2,880	0,917	2,640
9	3,160	1,006	3,179
10	3,040	0,968	2,942
11	3,580	1,140	4,080
12	3,320	1,057	3,509
13	3,520	1,120	3,944
14	2,910	0,926	2,695
15	2,560	0,815	2,086
16	2,910	0,926	2,695
17	3,040	0,968	2,942
18	2,910	0,926	2,695
19	2,810	0,894	2,513



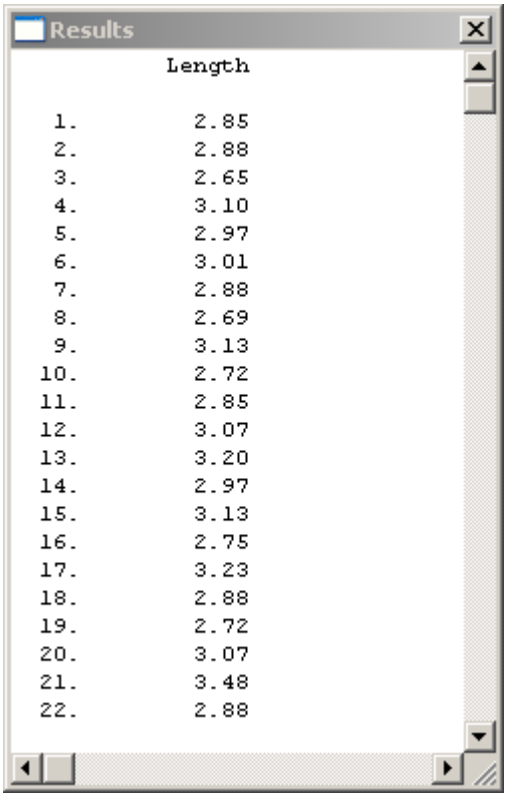

j14_0001.bmp*
1
2
14
13
12
15
4
5
3
16
9
10
6
17
8
11
7
18



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,230	1,028	3,321
2	3,290	1,047	3,445
3	3,160	1,006	3,179
4	2,970	0,945	2,808
5	3,160	1,006	3,179
6	2,940	0,936	2,751
7	2,970	0,945	2,808
8	3,230	1,028	3,321
9	3,010	0,958	2,884
10	3,010	0,958	2,884
11	2,780	0,885	2,460
12	2,910	0,926	2,695
13	2,880	0,917	2,640
14	3,420	1,089	3,723
15	2,880	0,917	2,640
16	2,970	0,945	2,808
17	3,160	1,006	3,179
18	2,720	0,866	2,355

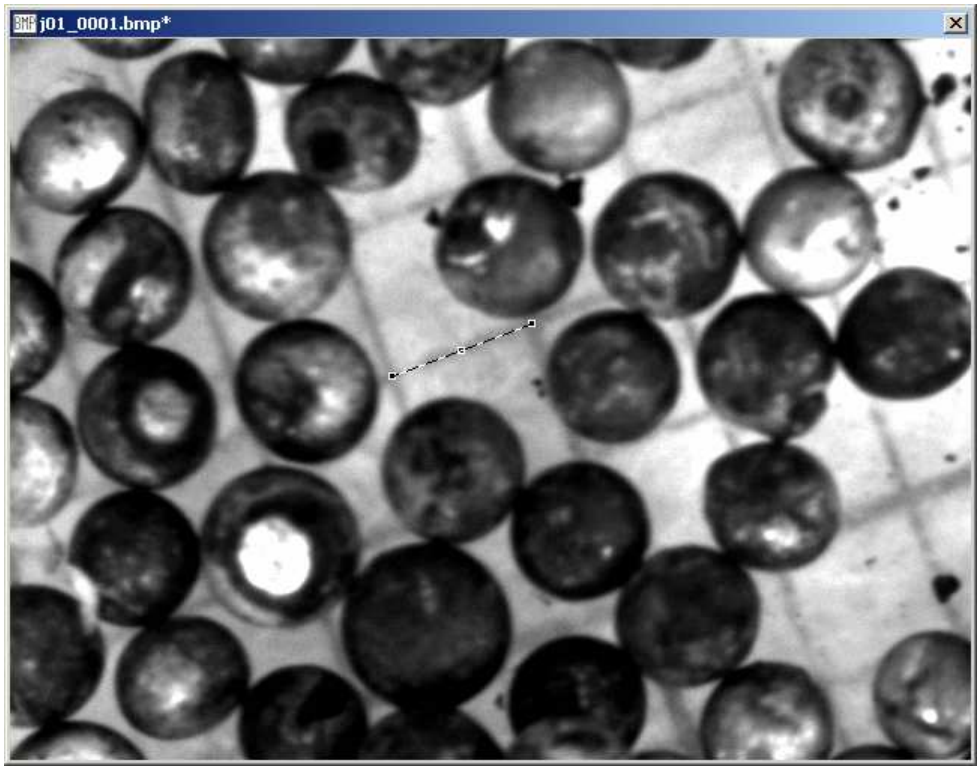


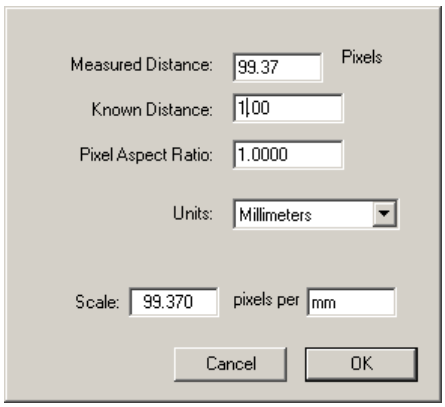

j15_0001.bmp*
1
2
4
12
3
6
13
20
22
5
19
10
17
21
7
18
11
14
8
9
15
16

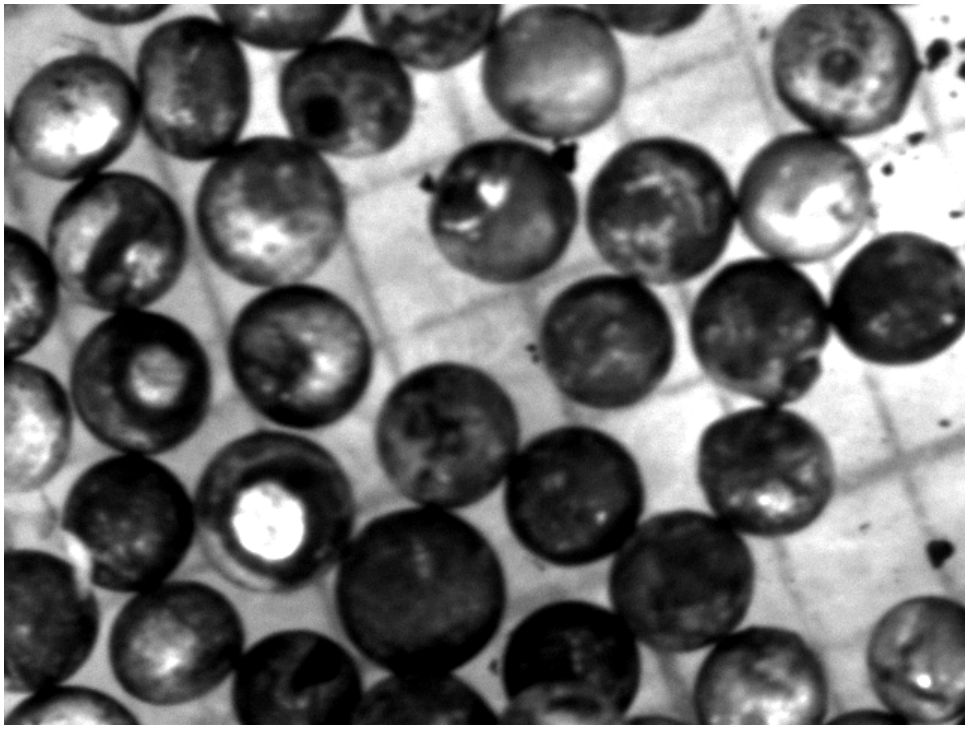


	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,850	0,907	2,585
2	2,880	0,917	2,640
3	2,650	0,844	2,235
4	3,100	0,987	3,059
5	2,970	0,945	2,808
6	3,010	0,958	2,884
7	2,880	0,917	2,640
8	2,690	0,856	2,303
9	3,130	0,996	3,118
10	2,720	0,866	2,355
11	2,850	0,907	2,585
12	3,070	0,977	3,000
13	3,200	1,019	3,259
14	2,970	0,945	2,808
15	3,130	0,996	3,118
16	2,750	0,875	2,407
17	3,230	1,028	3,321
18	2,880	0,917	2,640
19	2,720	0,866	2,355
20	3,070	0,977	3,000
21	3,480	1,108	3,855
22	2,880	0,917	2,640

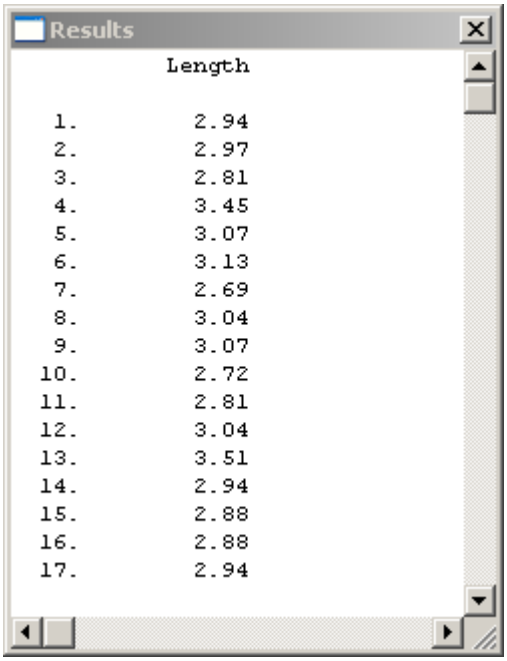
D.2.7 DIA 24 (15-MAIO-2009)



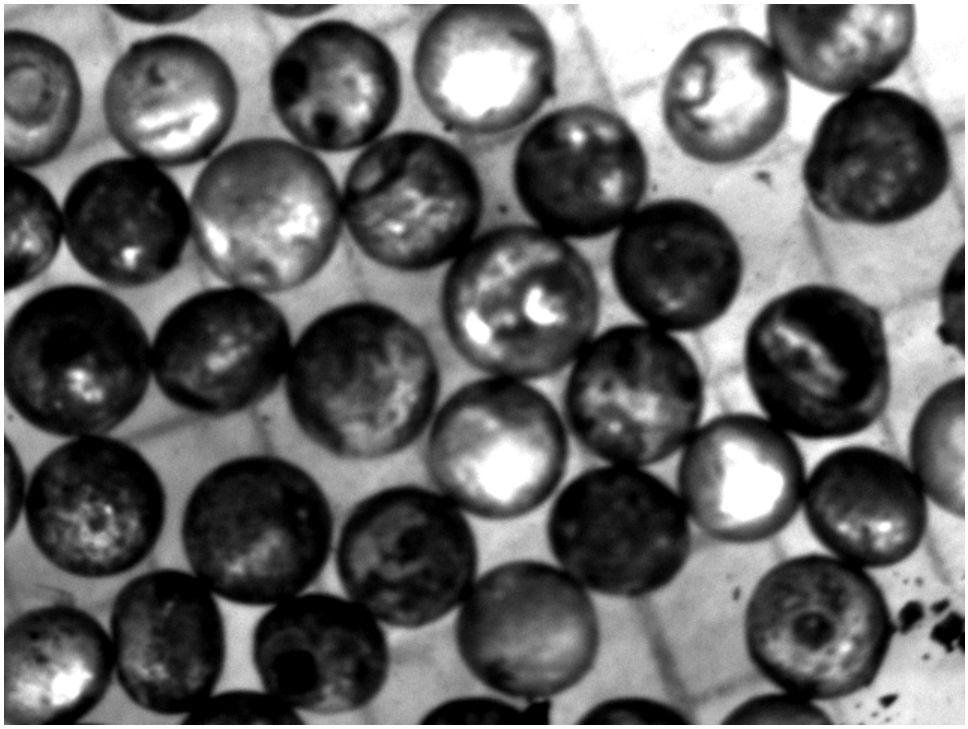




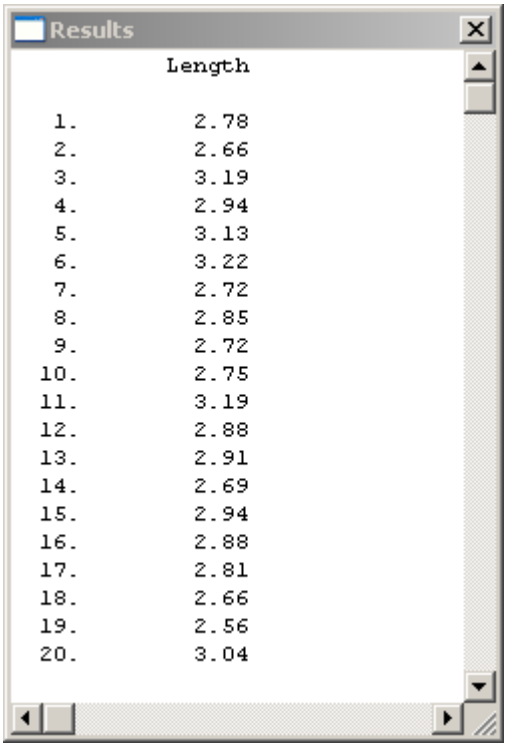

j01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



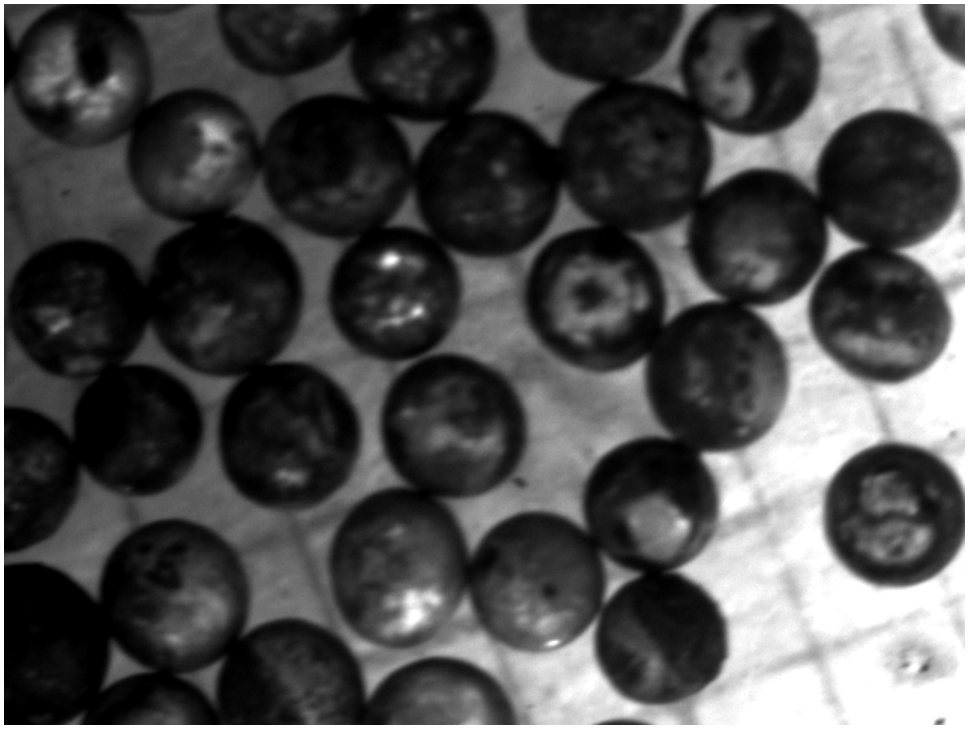
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,940	0,936	2,751
2	2,970	0,945	2,808
3	2,810	0,894	2,513
4	3,450	1,098	3,789
5	3,070	0,977	3,000
6	3,130	0,996	3,118
7	2,690	0,856	2,303
8	3,040	0,968	2,942
9	3,070	0,977	3,000
10	2,720	0,866	2,355
11	2,810	0,894	2,513
12	3,040	0,968	2,942
13	3,510	1,117	3,922
14	2,940	0,936	2,751
15	2,880	0,917	2,640
16	2,880	0,917	2,640
17	2,940	0,936	2,751



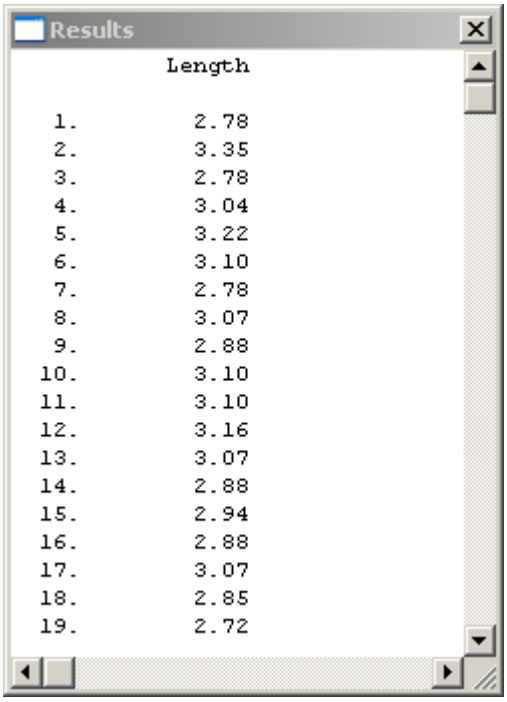

j02_0001.bmp*
1
7
10
9
2
3
8
14
11
6
13
12
18
19
4
5
17
15
16
20



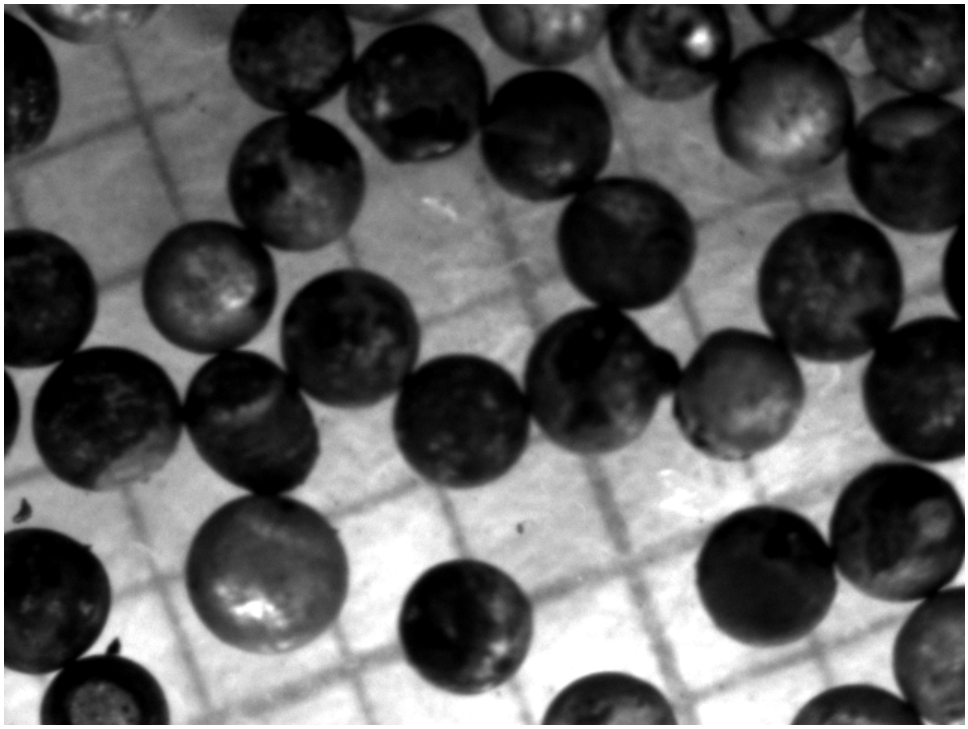
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,780	0,885	2,460
2	2,660	0,847	2,252
3	3,190	1,015	3,239
4	2,940	0,936	2,751
5	3,130	0,996	3,118
6	3,220	1,025	3,300
7	2,720	0,866	2,355
8	2,850	0,907	2,585
9	2,720	0,866	2,355
10	2,750	0,875	2,407
11	3,190	1,015	3,239
12	2,880	0,917	2,640
13	2,910	0,926	2,695
14	2,690	0,856	2,303
15	2,940	0,936	2,751
16	2,880	0,917	2,640
17	2,810	0,894	2,513
18	2,660	0,847	2,252
19	2,560	0,815	2,086
20	3,040	0,968	2,942

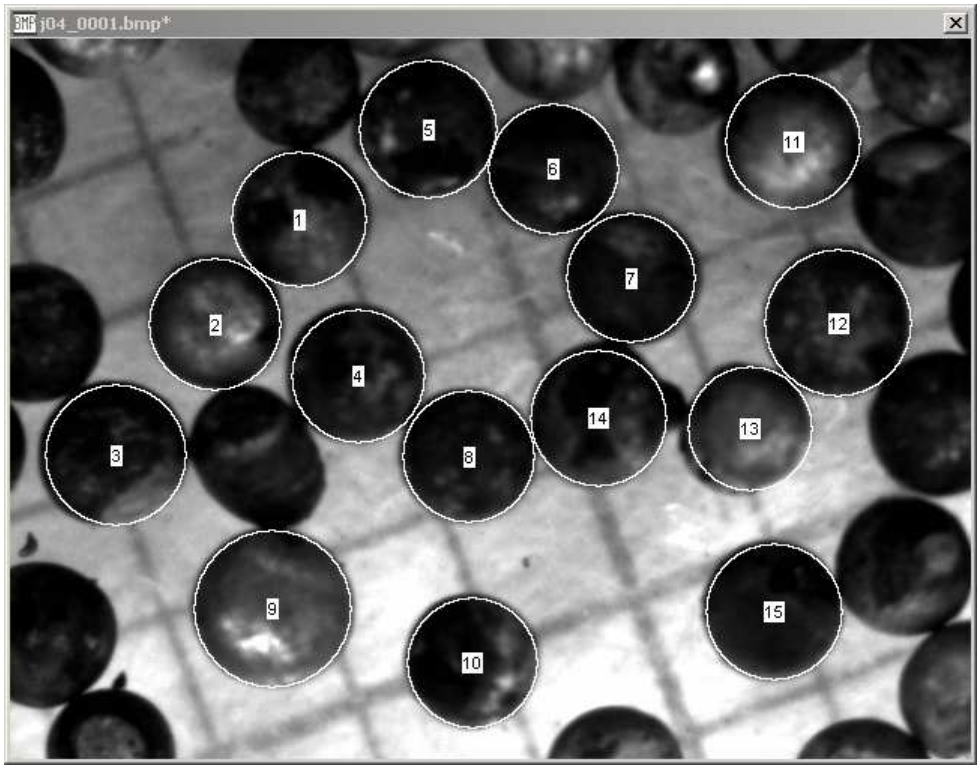


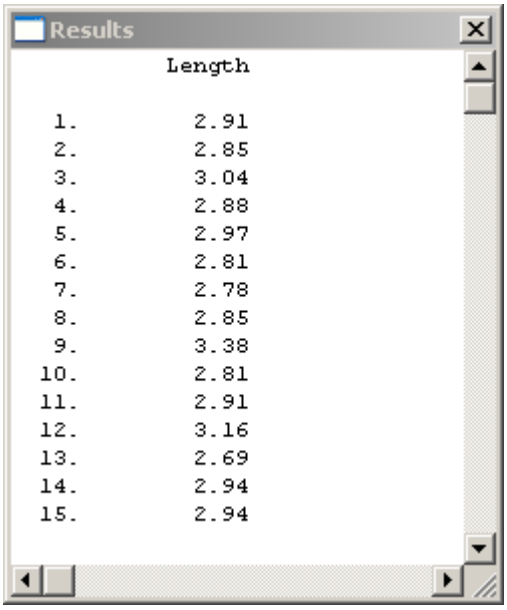

j03_0001.bmp*
1
6
11
12
15
14
2
7
13
16
17
3
4
8
18
10
9
5
19



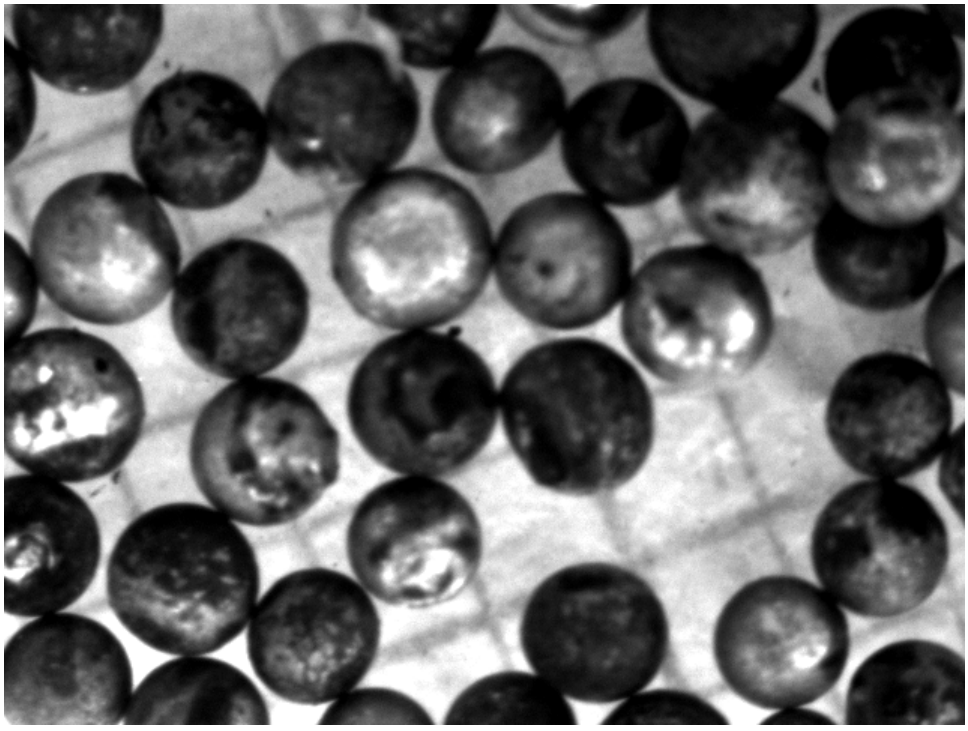
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,780	0,885	2,460
2	3,350	1,066	3,572
3	2,780	0,885	2,460
4	3,040	0,968	2,942
5	3,220	1,025	3,300
6	3,100	0,987	3,059
7	2,780	0,885	2,460
8	3,070	0,977	3,000
9	2,880	0,917	2,640
10	3,100	0,987	3,059
11	3,100	0,987	3,059
12	3,160	1,006	3,179
13	3,070	0,977	3,000
14	2,880	0,917	2,640
15	2,940	0,936	2,751
16	2,880	0,917	2,640
17	3,070	0,977	3,000
18	2,850	0,907	2,585
19	2,720	0,866	2,355



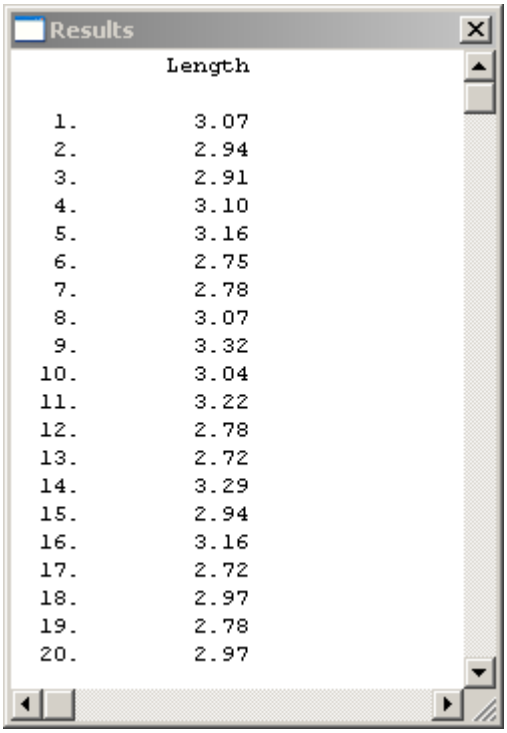

j04_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



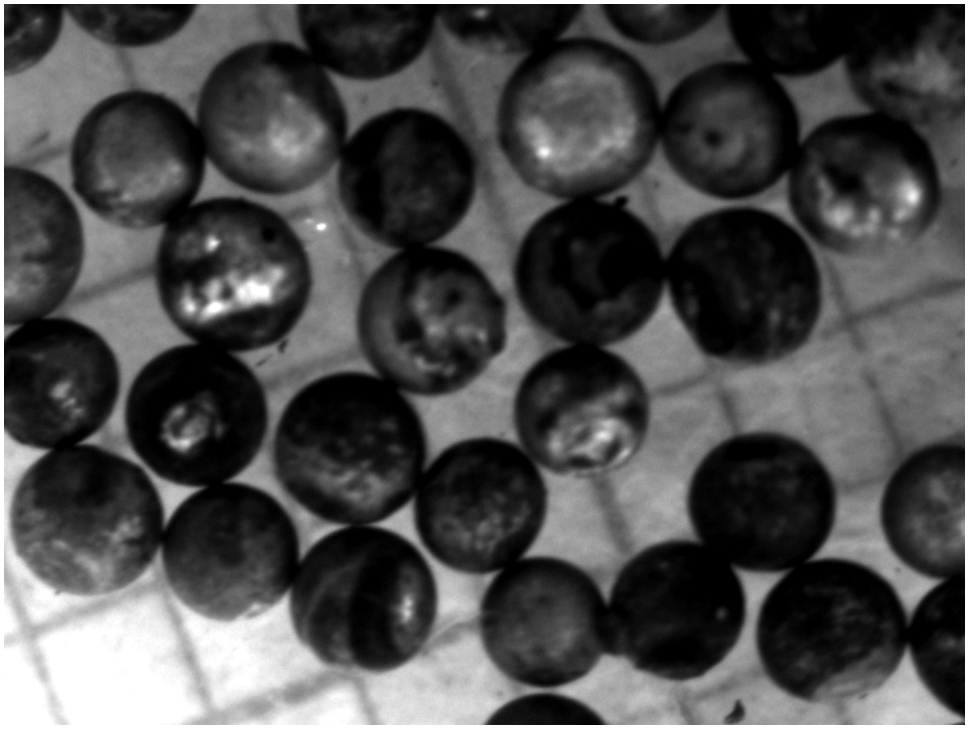
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,910	0,926	2,695
2	2,850	0,907	2,585
3	3,040	0,968	2,942
4	2,880	0,917	2,640
5	2,970	0,945	2,808
6	2,810	0,894	2,513
7	2,780	0,885	2,460
8	2,850	0,907	2,585
9	3,380	1,076	3,636
10	2,810	0,894	2,513
11	2,910	0,926	2,695
12	3,160	1,006	3,179
13	2,690	0,856	2,303
14	2,940	0,936	2,751
15	2,940	0,936	2,751



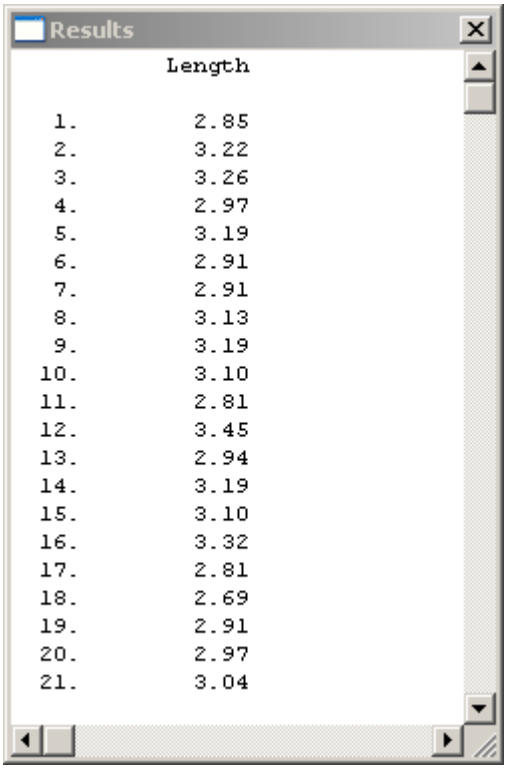

j05_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20



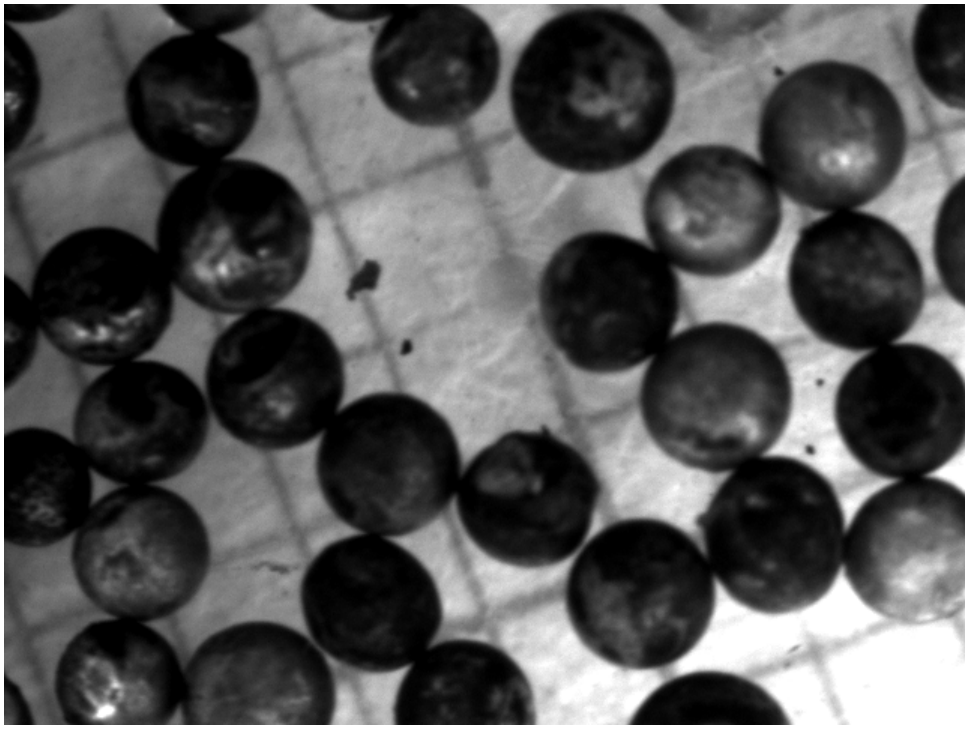
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,070	0,977	3,000
2	2,940	0,936	2,751
3	2,910	0,926	2,695
4	3,100	0,987	3,059
5	3,160	1,006	3,179
6	2,750	0,875	2,407
7	2,780	0,885	2,460
8	3,070	0,977	3,000
9	3,320	1,057	3,509
10	3,040	0,968	2,942
11	3,220	1,025	3,300
12	2,780	0,885	2,460
13	2,720	0,866	2,355
14	3,290	1,047	3,445
15	2,940	0,936	2,751
16	3,160	1,006	3,179
17	2,720	0,866	2,355
18	2,970	0,945	2,808
19	2,780	0,885	2,460
20	2,970	0,945	2,808



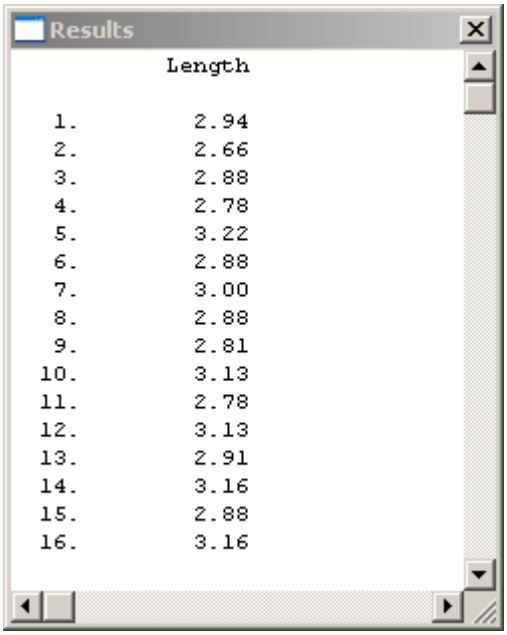

j06_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21



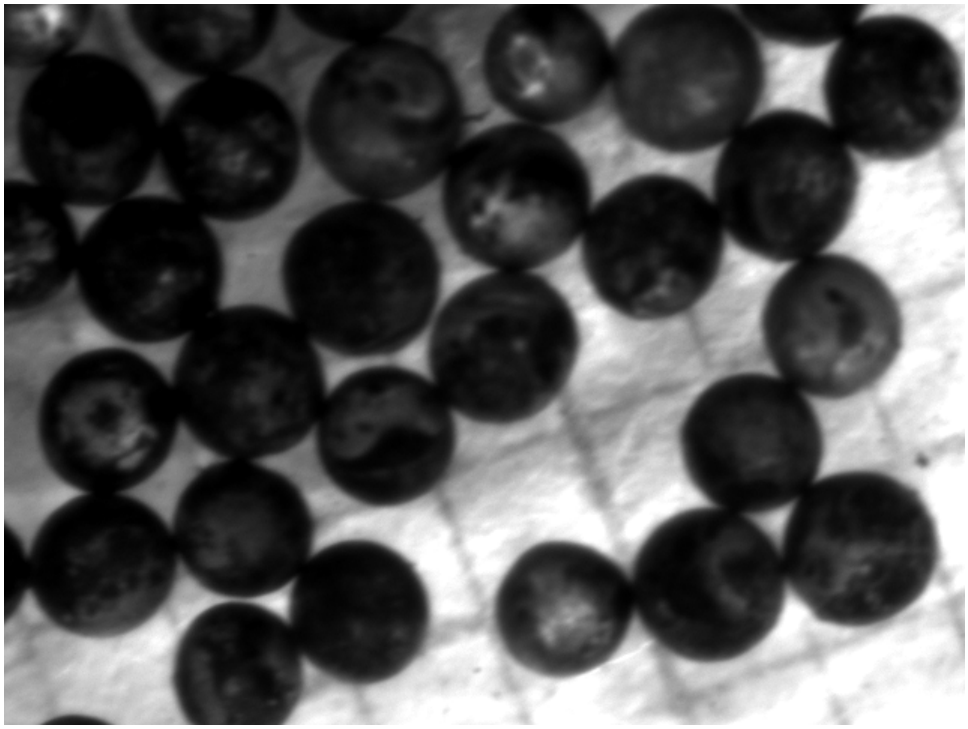
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,850	0,907	2,585
2	3,220	1,025	3,300
3	3,260	1,038	3,383
4	2,970	0,945	2,808
5	3,190	1,015	3,239
6	2,910	0,926	2,695
7	2,910	0,926	2,695
8	3,130	0,996	3,118
9	3,190	1,015	3,239
10	3,100	0,987	3,059
11	2,810	0,894	2,513
12	3,450	1,098	3,789
13	2,940	0,936	2,751
14	3,190	1,015	3,239
15	3,100	0,987	3,059
16	3,320	1,057	3,509
17	2,810	0,894	2,513
18	2,690	0,856	2,303
19	2,910	0,926	2,695
20	2,970	0,945	2,808
21	3,040	0,968	2,942

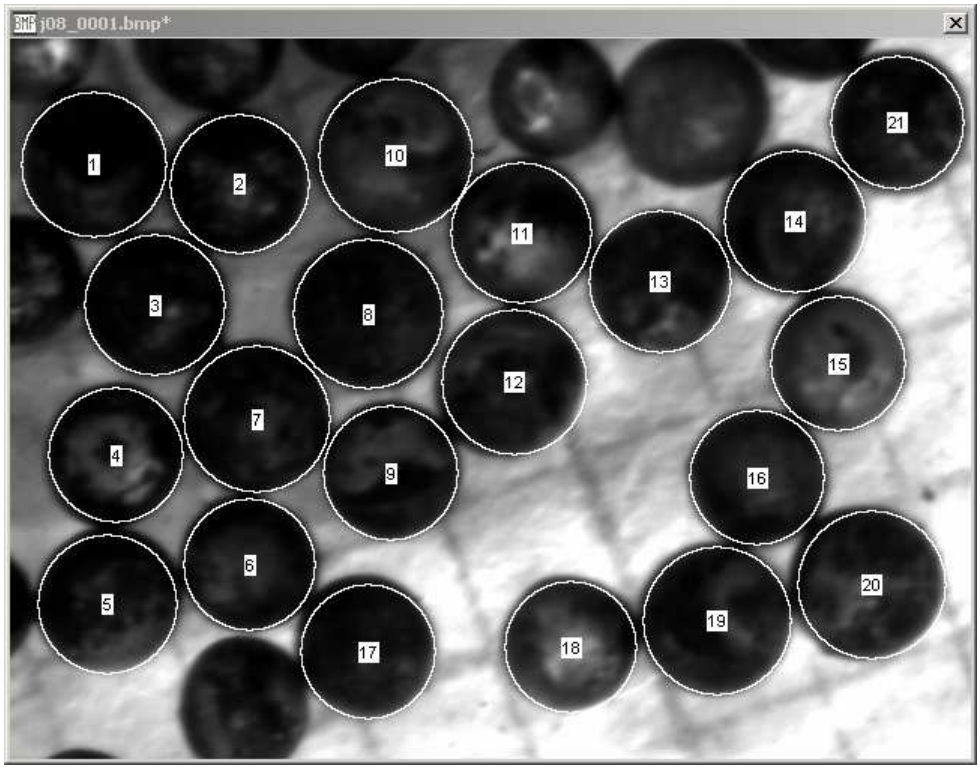


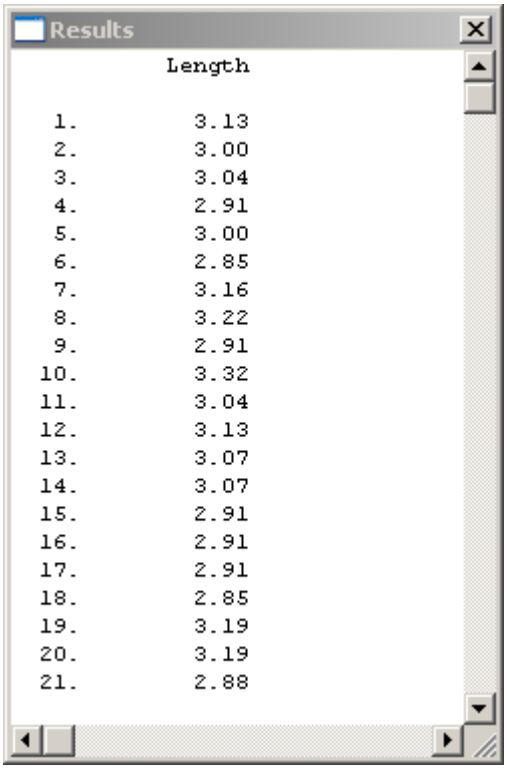

j07_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



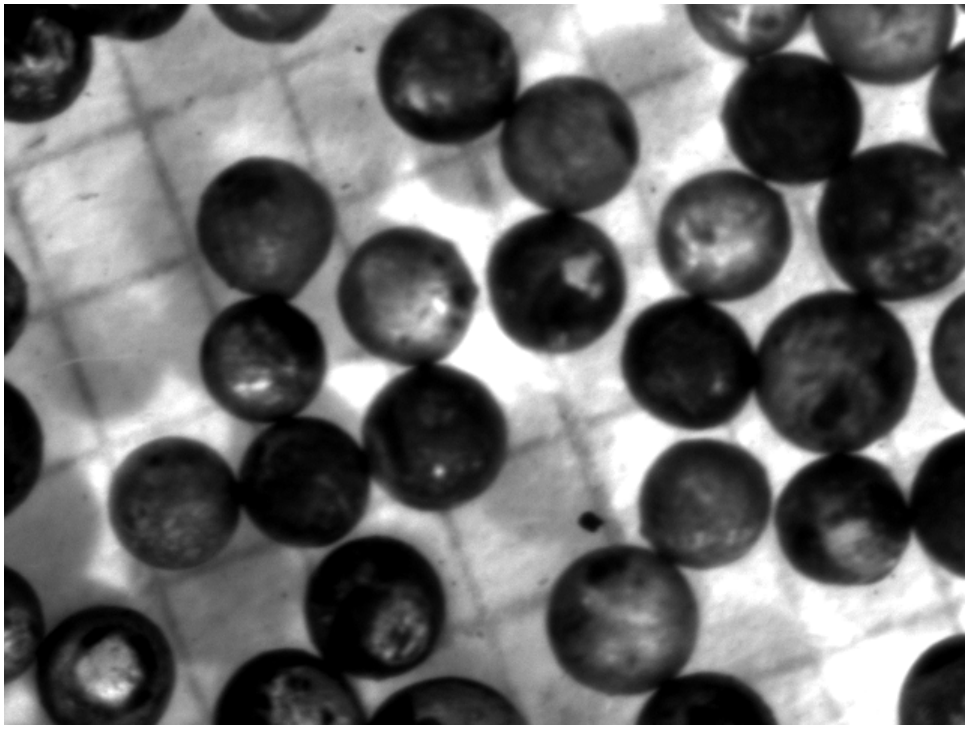
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,940	0,936	2,751
2	2,660	0,847	2,252
3	2,880	0,917	2,640
4	2,780	0,885	2,460
5	3,220	1,025	3,300
6	2,880	0,917	2,640
7	3,000	0,955	2,865
8	2,880	0,917	2,640
9	2,810	0,894	2,513
10	3,130	0,996	3,118
11	2,780	0,885	2,460
12	3,130	0,996	3,118
13	2,910	0,926	2,695
14	3,160	1,006	3,179
15	2,880	0,917	2,640
16	3,160	1,006	3,179



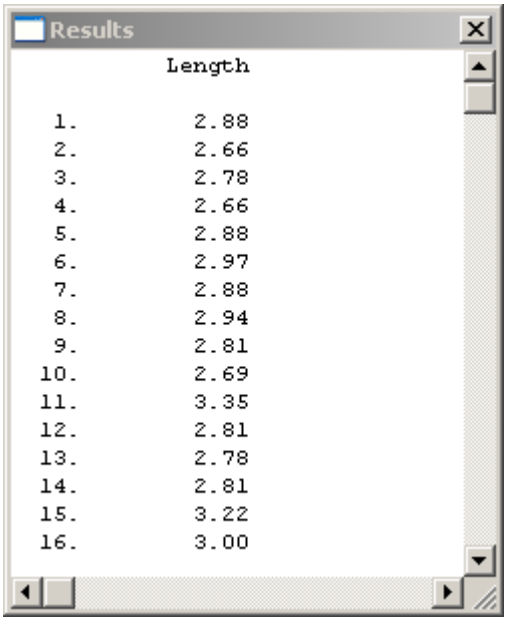

j08_0001.bmp*
1
2
10
11
14
21
3
8
13
15
12
7
4
9
16
6
5
20
19
17
18



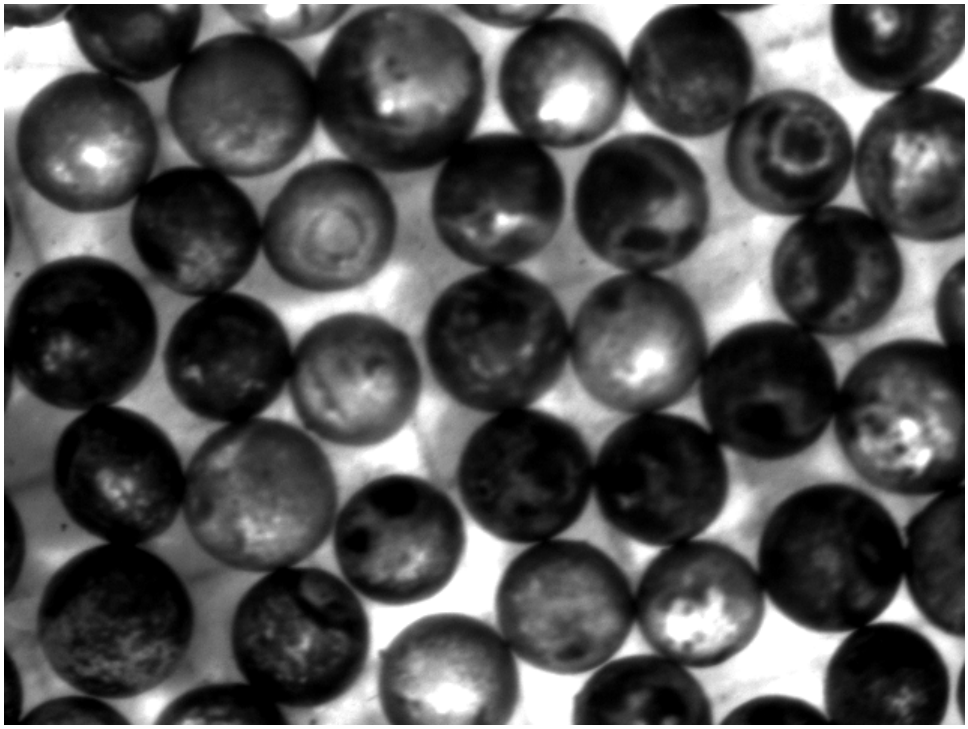
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,130	0,996	3,118
2	3,000	0,955	2,865
3	3,040	0,968	2,942
4	2,910	0,926	2,695
5	3,000	0,955	2,865
6	2,850	0,907	2,585
7	3,160	1,006	3,179
8	3,220	1,025	3,300
9	2,910	0,926	2,695
10	3,320	1,057	3,509
11	3,040	0,968	2,942
12	3,130	0,996	3,118
13	3,070	0,977	3,000
14	3,070	0,977	3,000
15	2,910	0,926	2,695
16	2,910	0,926	2,695
17	2,910	0,926	2,695
18	2,850	0,907	2,585
19	3,190	1,015	3,239
20	3,190	1,015	3,239
21	2,880	0,917	2,640



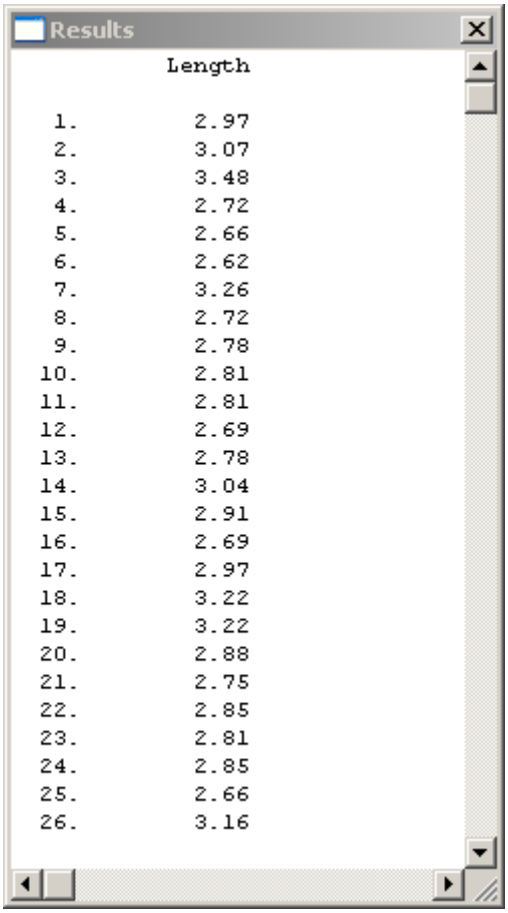

j09_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



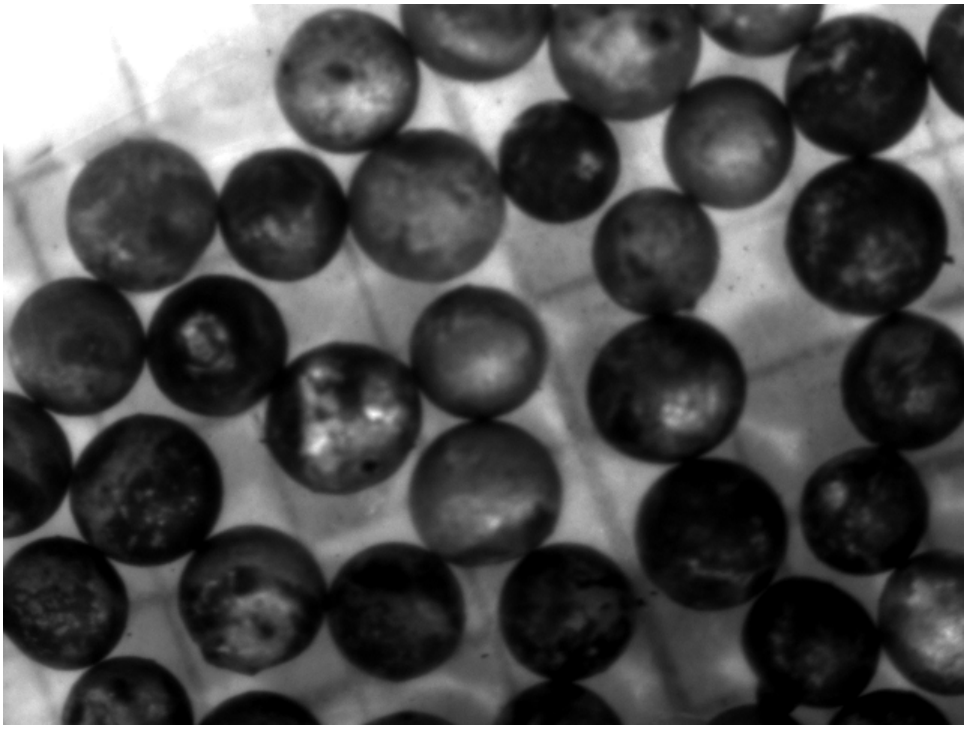
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,880	0,917	2,640
2	2,660	0,847	2,252
3	2,780	0,885	2,460
4	2,660	0,847	2,252
5	2,880	0,917	2,640
6	2,970	0,945	2,808
7	2,880	0,917	2,640
8	2,940	0,936	2,751
9	2,810	0,894	2,513
10	2,690	0,856	2,303
11	3,350	1,066	3,572
12	2,810	0,894	2,513
13	2,780	0,885	2,460
14	2,810	0,894	2,513
15	3,220	1,025	3,300
16	3,000	0,955	2,865

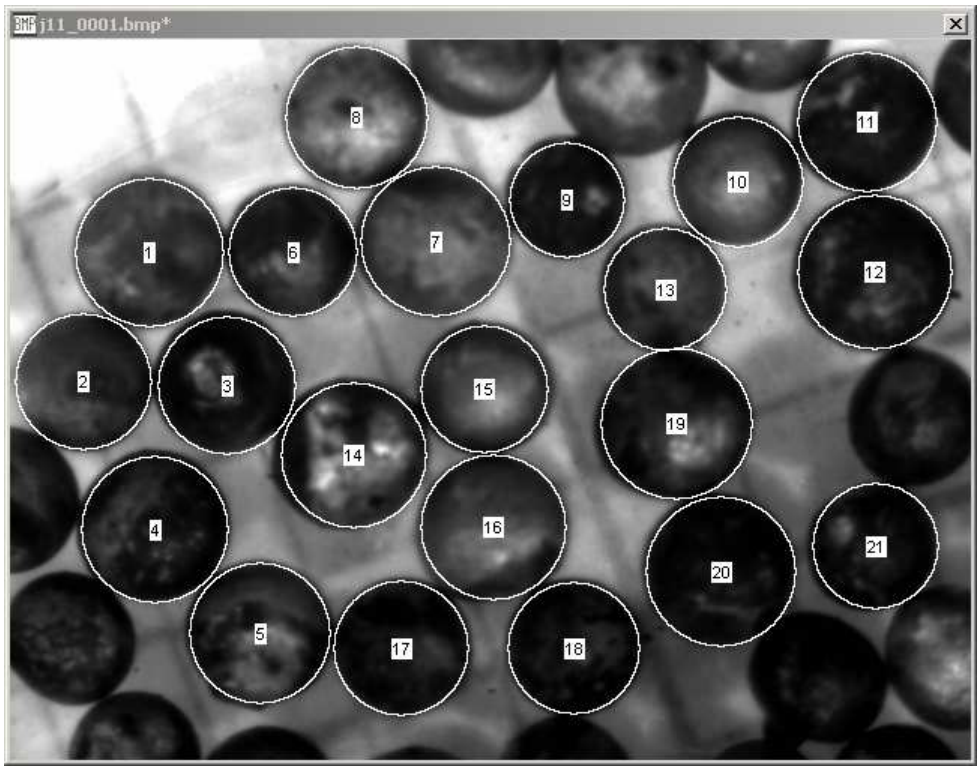


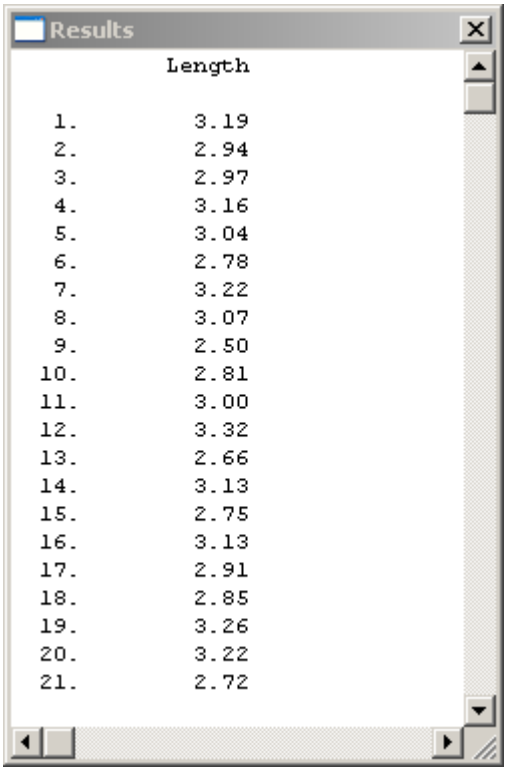

j10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26



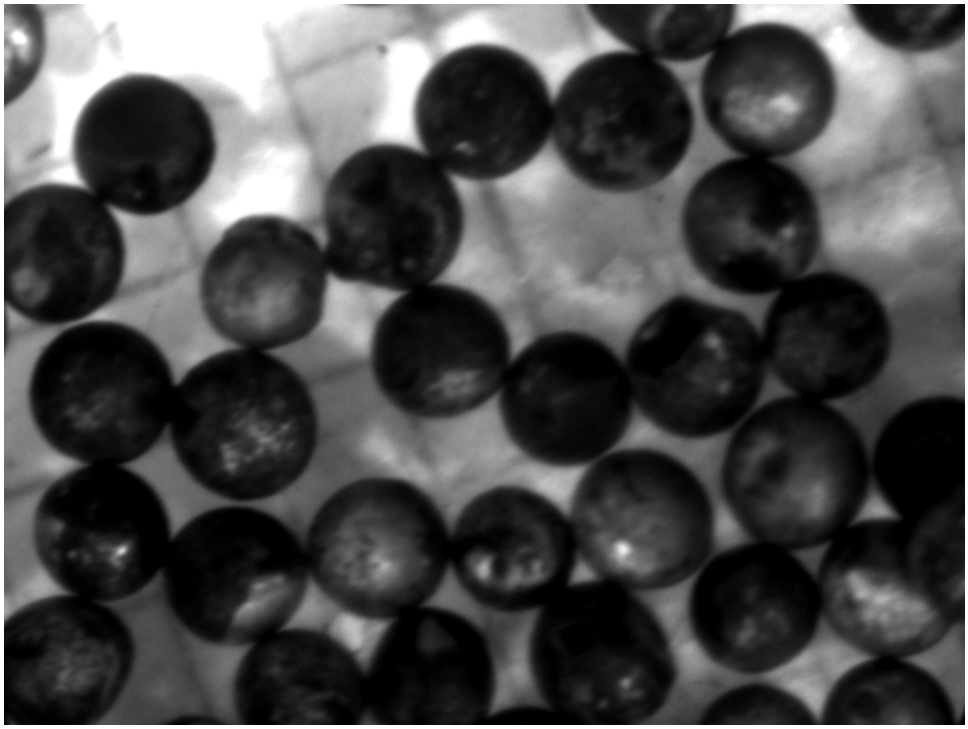
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,970	0,945	2,808
2	3,070	0,977	3,000
3	3,480	1,108	3,855
4	2,720	0,866	2,355
5	2,660	0,847	2,252
6	2,620	0,834	2,185
7	3,260	1,038	3,383
8	2,720	0,866	2,355
9	2,780	0,885	2,460
10	2,810	0,894	2,513
11	2,810	0,894	2,513
12	2,690	0,856	2,303
13	2,780	0,885	2,460
14	3,040	0,968	2,942
15	2,910	0,926	2,695
16	2,690	0,856	2,303
17	2,970	0,945	2,808
18	3,220	1,025	3,300
19	3,220	1,025	3,300
20	2,880	0,917	2,640
21	2,750	0,875	2,407
22	2,850	0,907	2,585
23	2,810	0,894	2,513
24	2,850	0,907	2,585
25	2,660	0,847	2,252
26	3,160	1,006	3,179

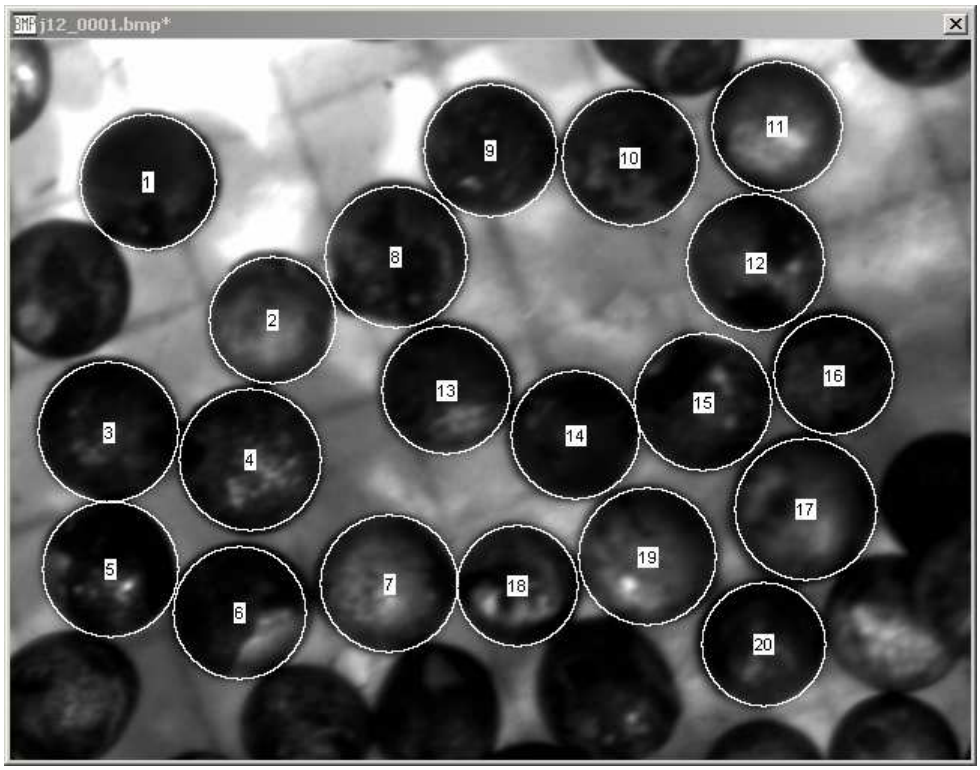


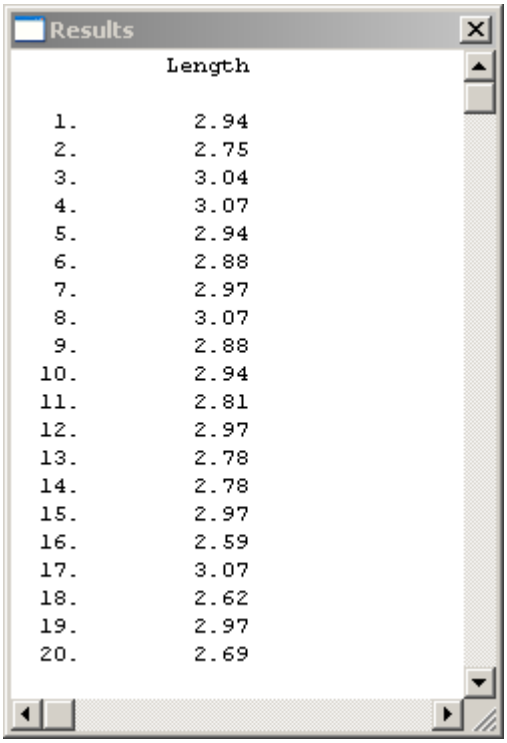

j11_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21



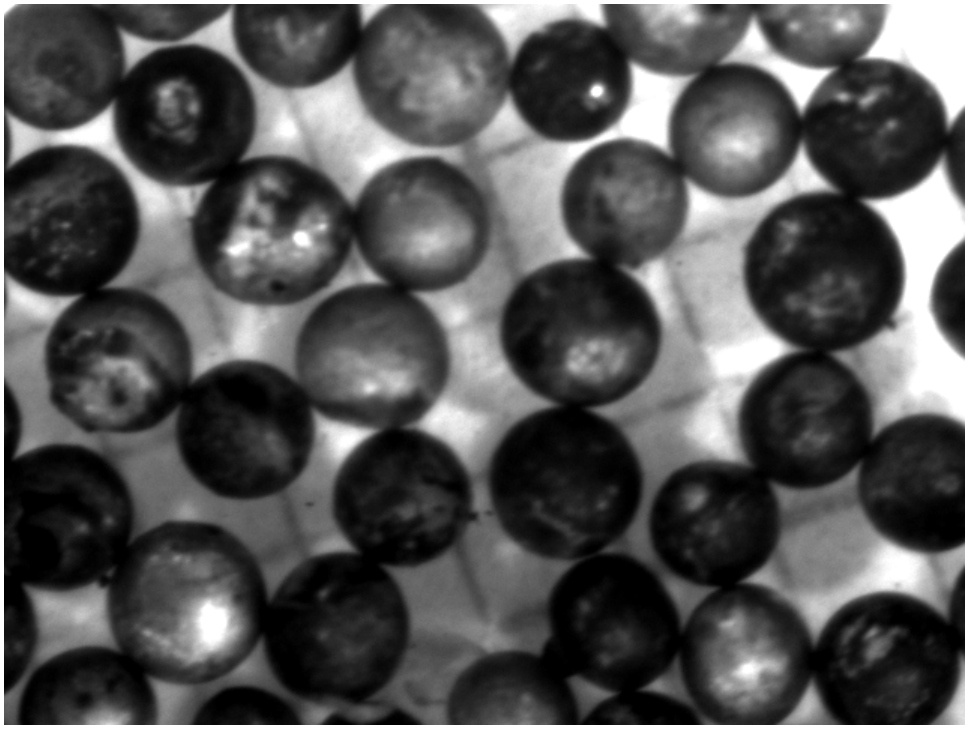
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,190	1,015	3,239
2	2,940	0,936	2,751
3	2,970	0,945	2,808
4	3,160	1,006	3,179
5	3,040	0,968	2,942
6	2,780	0,885	2,460
7	3,220	1,025	3,300
8	3,070	0,977	3,000
9	2,500	0,796	1,989
10	2,810	0,894	2,513
11	3,000	0,955	2,865
12	3,320	1,057	3,509
13	2,660	0,847	2,252
14	3,130	0,996	3,118
15	2,750	0,875	2,407
16	3,130	0,996	3,118
17	2,910	0,926	2,695
18	2,850	0,907	2,585
19	3,260	1,038	3,383
20	3,220	1,025	3,300
21	2,720	0,866	2,355



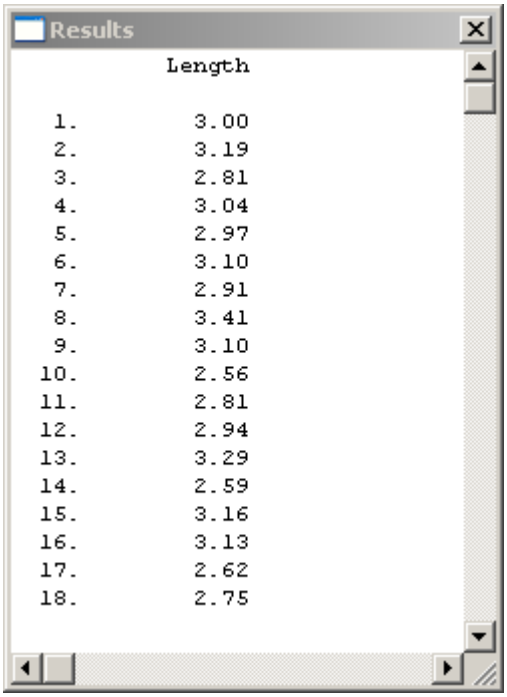

j12_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20



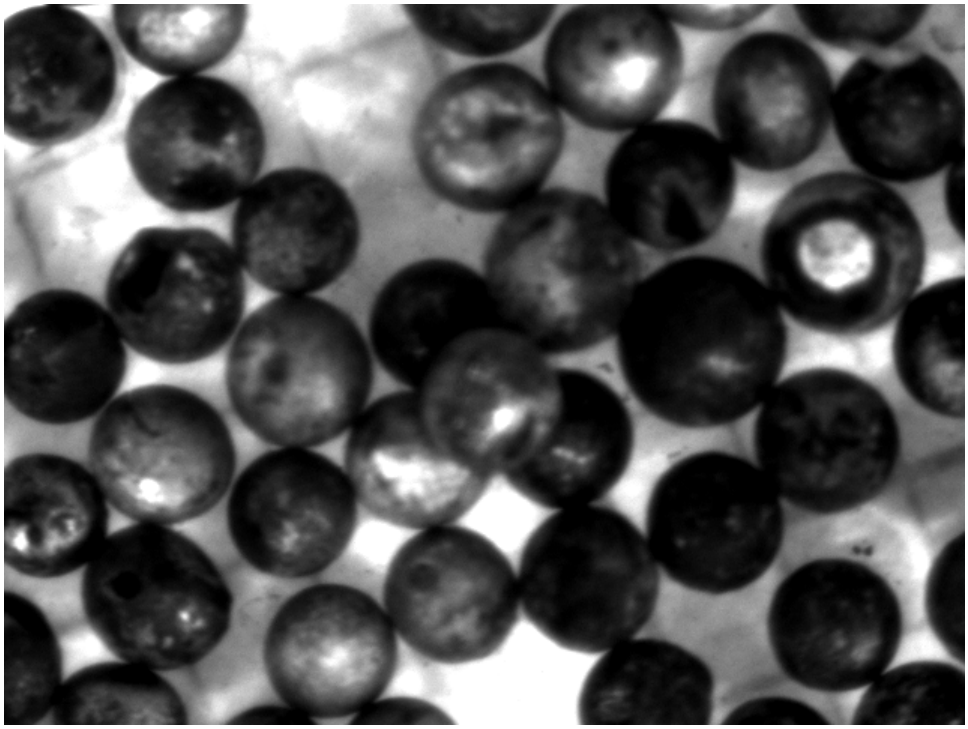
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,940	0,936	2,751
2	2,750	0,875	2,407
3	3,040	0,968	2,942
4	3,070	0,977	3,000
5	2,940	0,936	2,751
6	2,880	0,917	2,640
7	2,970	0,945	2,808
8	3,070	0,977	3,000
9	2,880	0,917	2,640
10	2,940	0,936	2,751
11	2,810	0,894	2,513
12	2,970	0,945	2,808
13	2,780	0,885	2,460
14	2,780	0,885	2,460
15	2,970	0,945	2,808
16	2,590	0,824	2,135
17	3,070	0,977	3,000
18	2,620	0,834	2,185
19	2,970	0,945	2,808
20	2,690	0,856	2,303

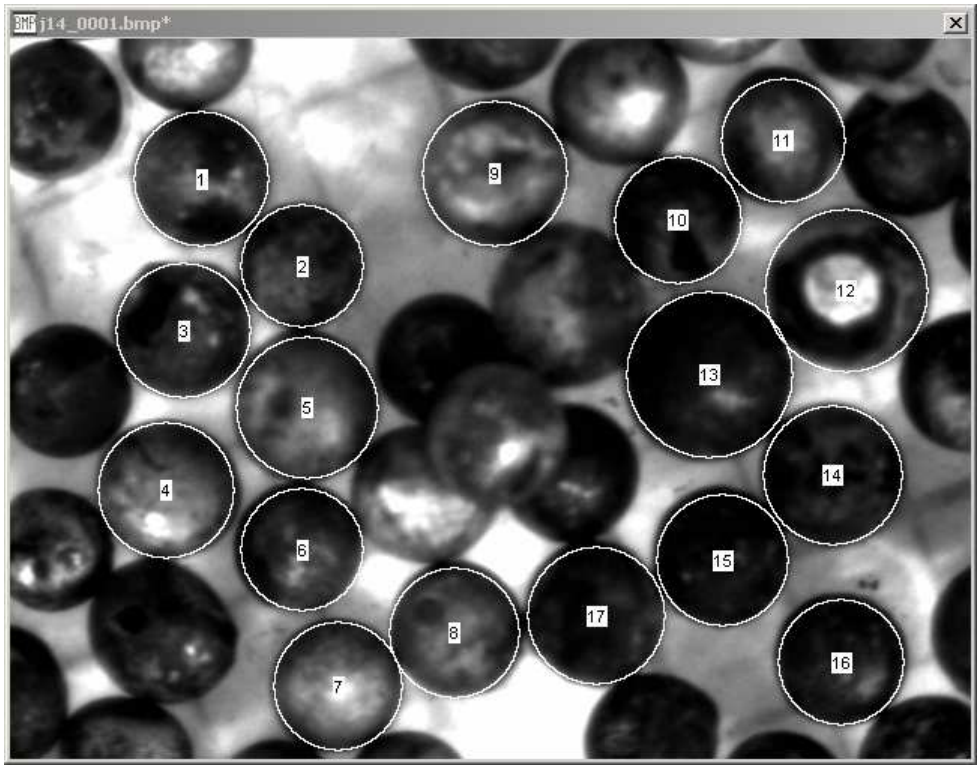


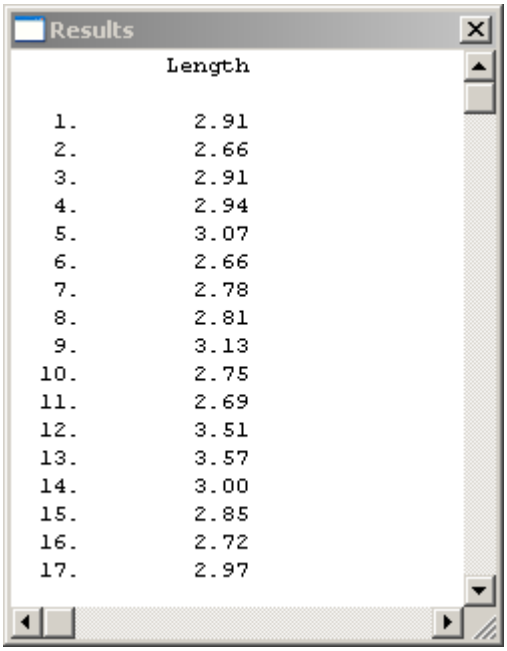

j13_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



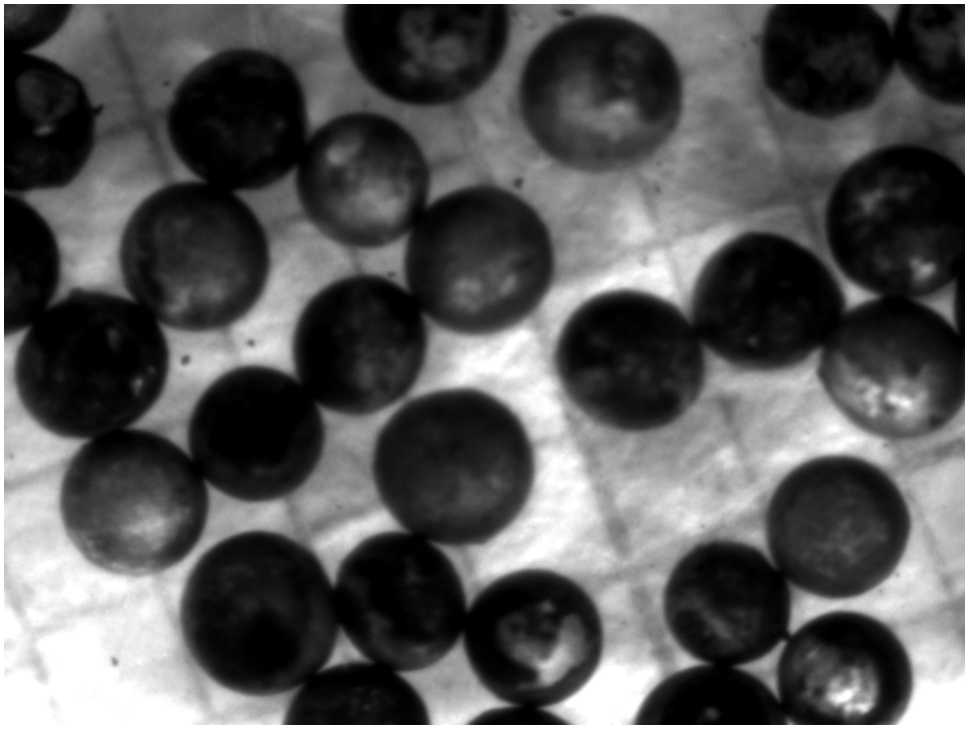
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,000	0,955	2,865
2	3,190	1,015	3,239
3	2,810	0,894	2,513
4	3,040	0,968	2,942
5	2,970	0,945	2,808
6	3,100	0,987	3,059
7	2,910	0,926	2,695
8	3,410	1,085	3,701
9	3,100	0,987	3,059
10	2,560	0,815	2,086
11	2,810	0,894	2,513
12	2,940	0,936	2,751
13	3,290	1,047	3,445
14	2,590	0,824	2,135
15	3,160	1,006	3,179
16	3,130	0,996	3,118
17	2,620	0,834	2,185
18	2,750	0,875	2,407

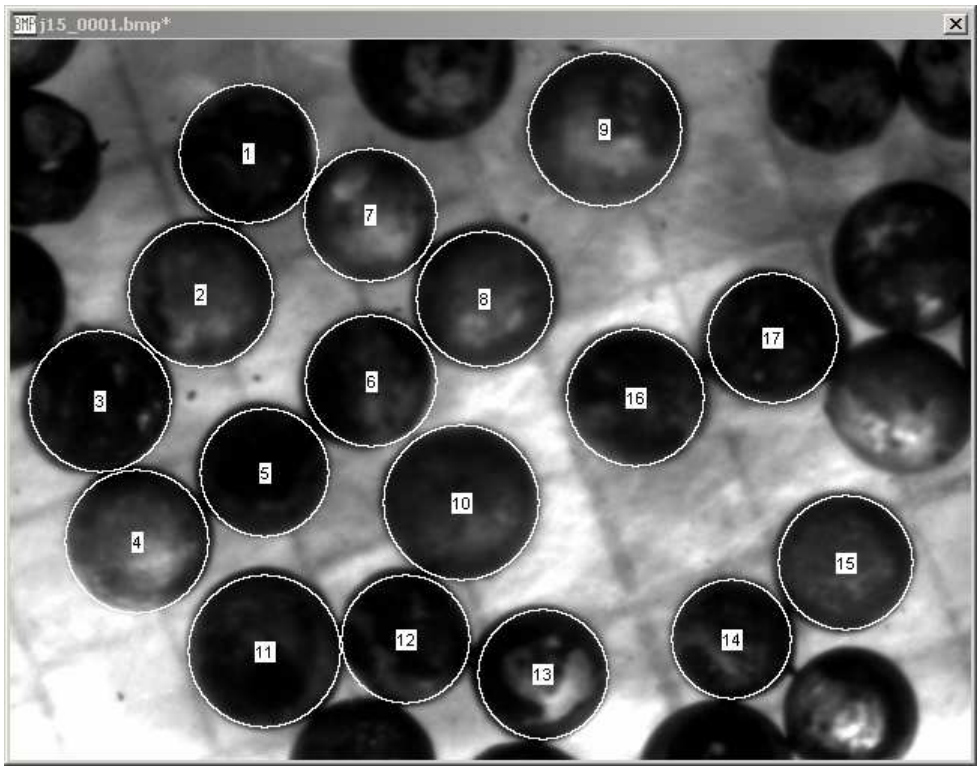


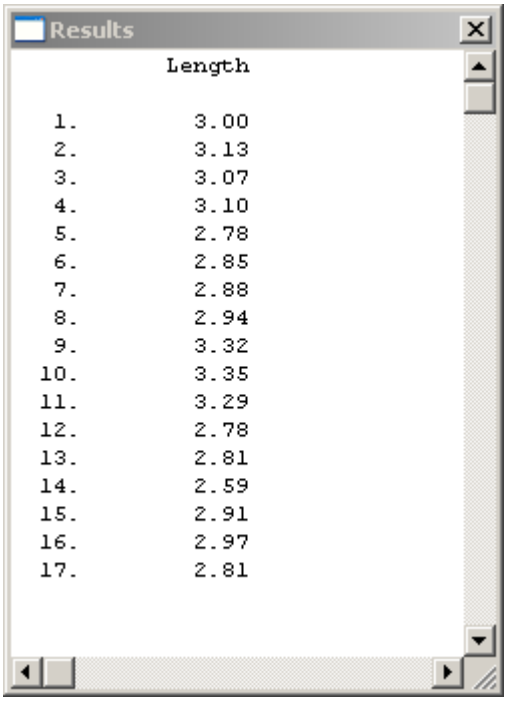

j14_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,910	0,926	2,695
2	2,660	0,847	2,252
3	2,910	0,926	2,695
4	2,940	0,936	2,751
5	3,070	0,977	3,000
6	2,660	0,847	2,252
7	2,780	0,885	2,460
8	2,810	0,894	2,513
9	3,130	0,996	3,118
10	2,750	0,875	2,407
11	2,690	0,856	2,303
12	3,510	1,117	3,922
13	3,570	1,136	4,057
14	3,000	0,955	2,865
15	2,850	0,907	2,585
16	2,720	0,866	2,355
17	2,970	0,945	2,808

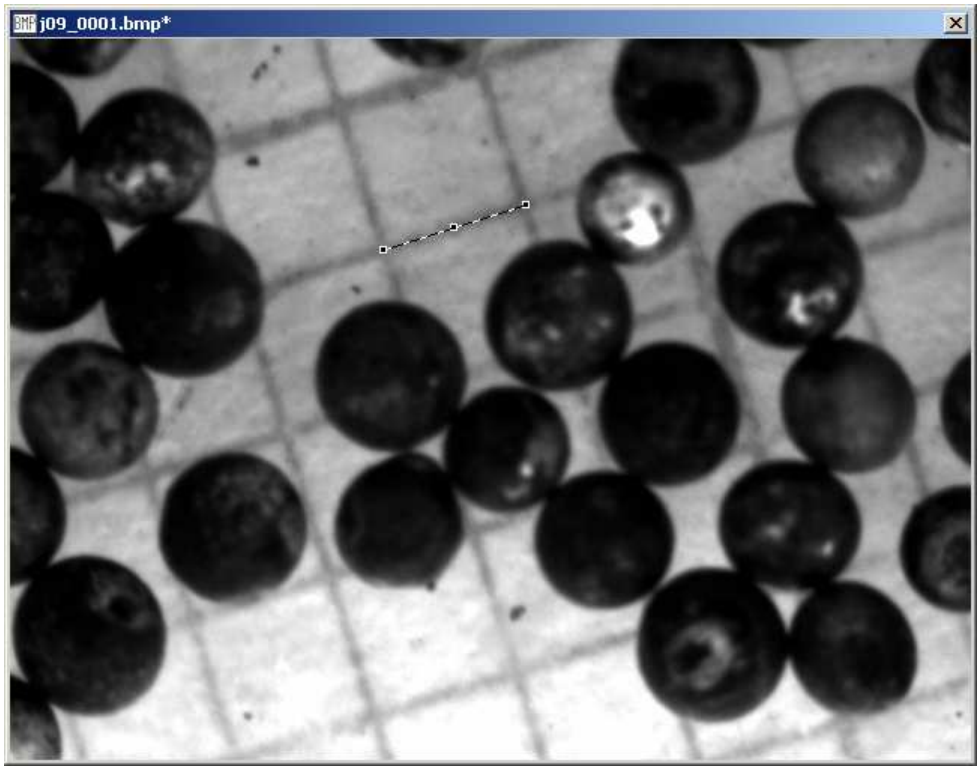


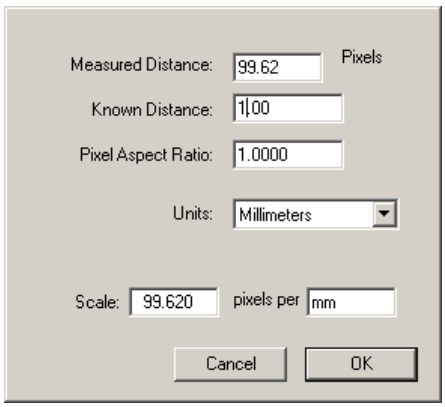

j15_0001.bmp*
1
9
7
2
8
17
6
16
3
5
10
4
15
11
12
13
14

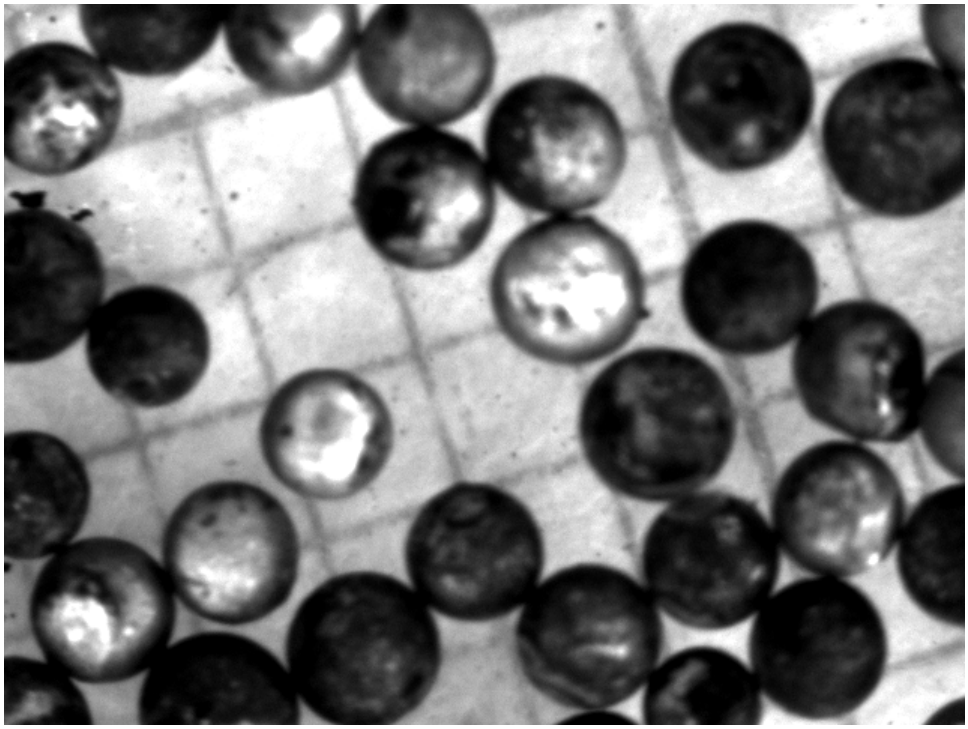


	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,000	0,955	2,865
2	3,130	0,996	3,118
3	3,070	0,977	3,000
4	3,100	0,987	3,059
5	2,780	0,885	2,460
6	2,850	0,907	2,585
7	2,880	0,917	2,640
8	2,940	0,936	2,751
9	3,320	1,057	3,509
10	3,350	1,066	3,572
11	3,290	1,047	3,445
12	2,780	0,885	2,460
13	2,810	0,894	2,513
14	2,590	0,824	2,135
15	2,910	0,926	2,695
16	2,970	0,945	2,808
17	2,810	0,894	2,513

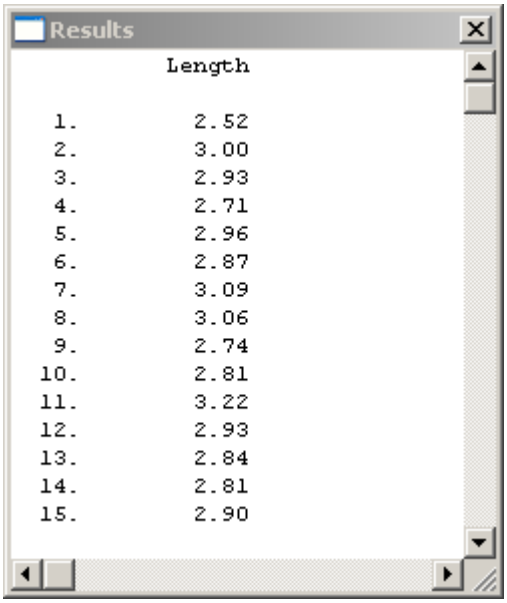
D.2.8 DIA 27 (18-MAIO-2009)



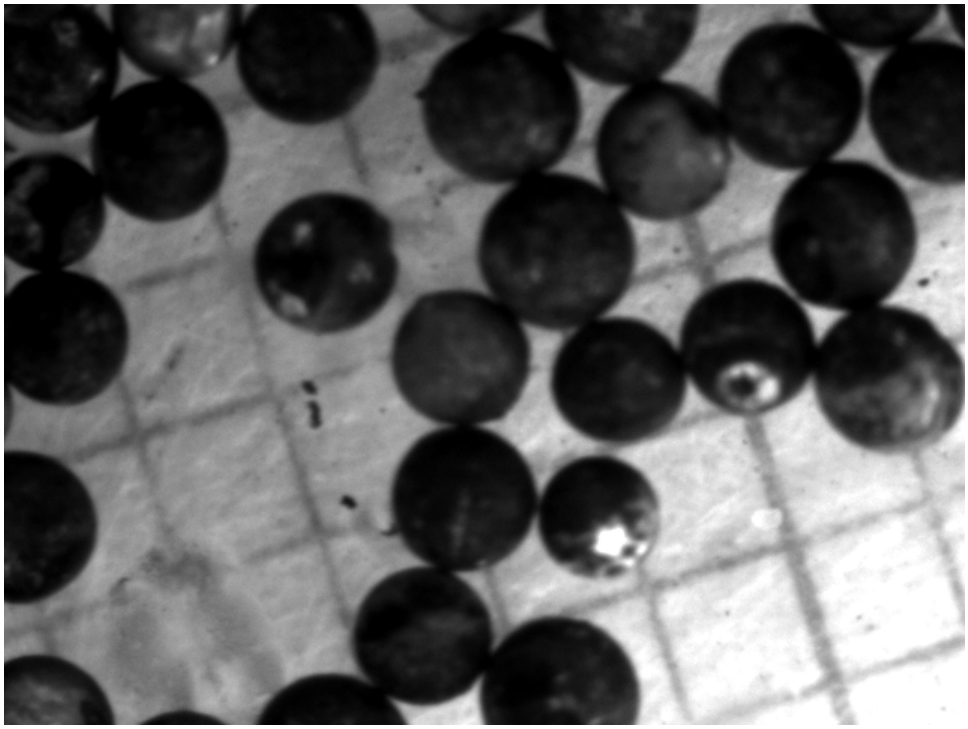


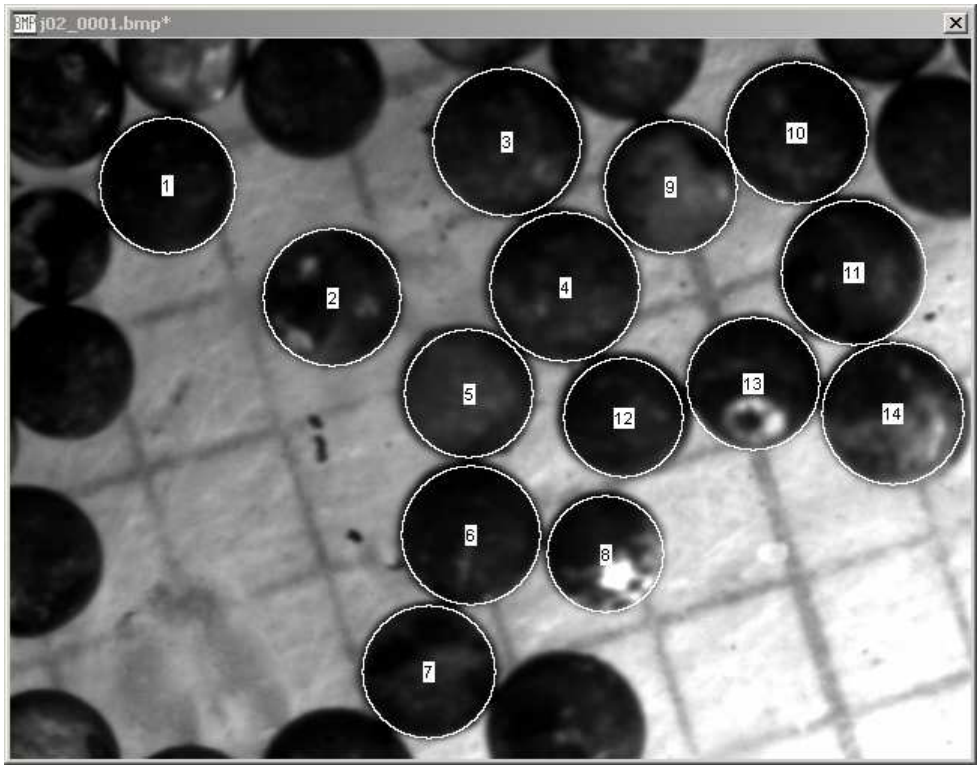


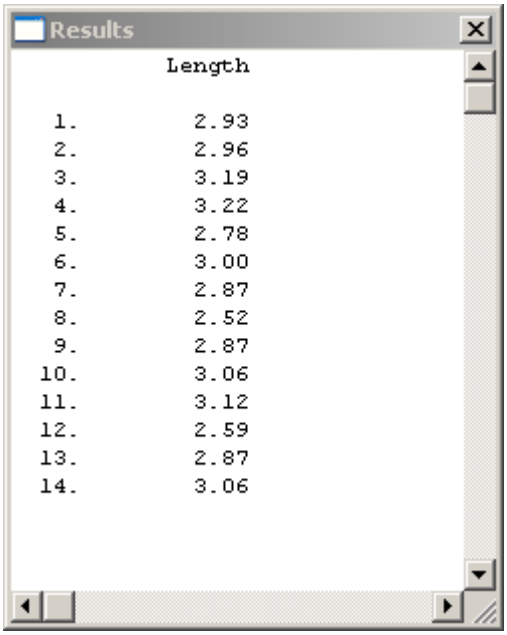

j01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



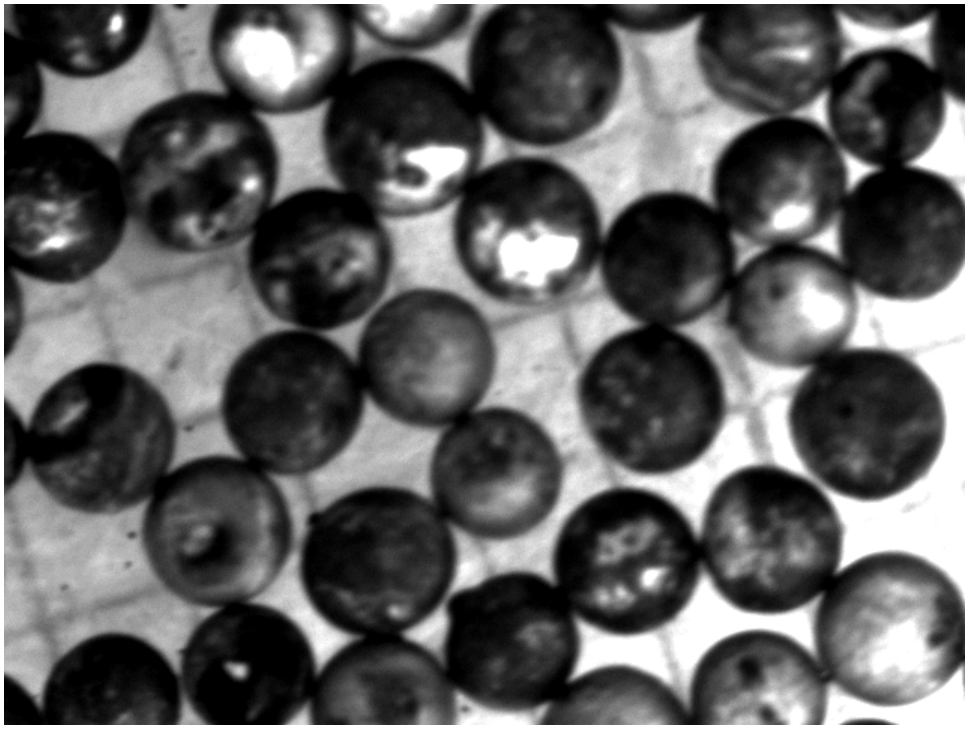
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,520	0,802	2,021
2	3,000	0,955	2,865
3	2,930	0,933	2,733
4	2,710	0,863	2,338
5	2,960	0,942	2,789
6	2,870	0,914	2,622
7	3,090	0,984	3,039
8	3,060	0,974	2,981
9	2,740	0,872	2,390
10	2,810	0,894	2,513
11	3,220	1,025	3,300
12	2,930	0,933	2,733
13	2,840	0,904	2,567
14	2,810	0,894	2,513
15	2,900	0,923	2,677



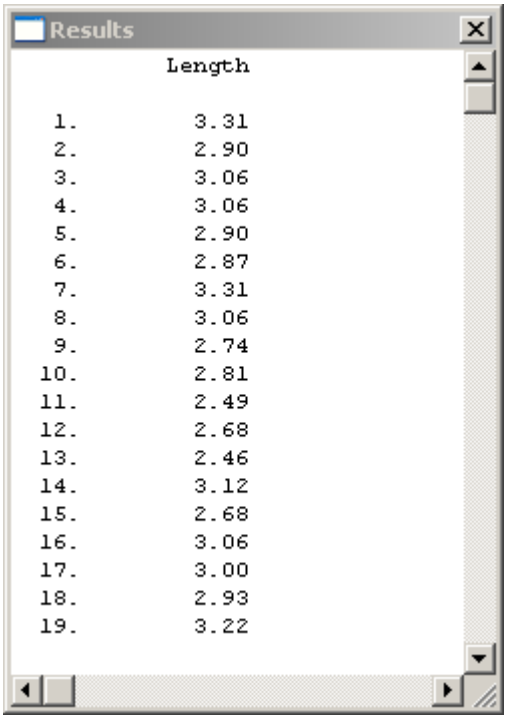

j02_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



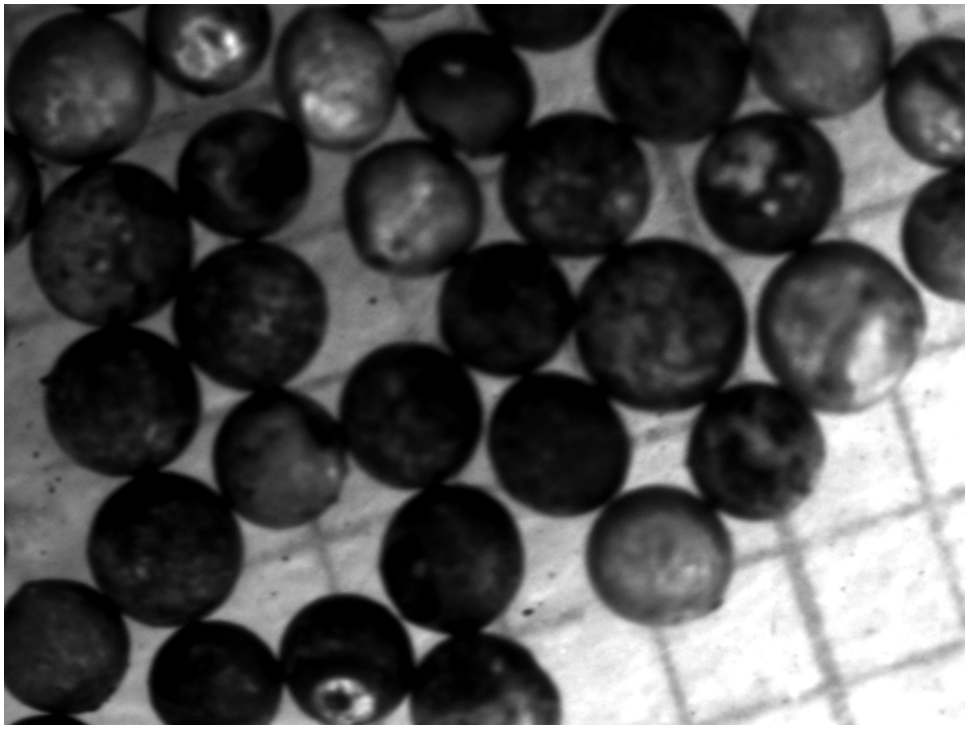
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,930	0,933	2,733
2	2,960	0,942	2,789
3	3,190	1,015	3,239
4	3,220	1,025	3,300
5	2,780	0,885	2,460
6	3,000	0,955	2,865
7	2,870	0,914	2,622
8	2,520	0,802	2,021
9	2,870	0,914	2,622
10	3,060	0,974	2,981
11	3,120	0,993	3,099
12	2,590	0,824	2,135
13	2,870	0,914	2,622
14	3,060	0,974	2,981



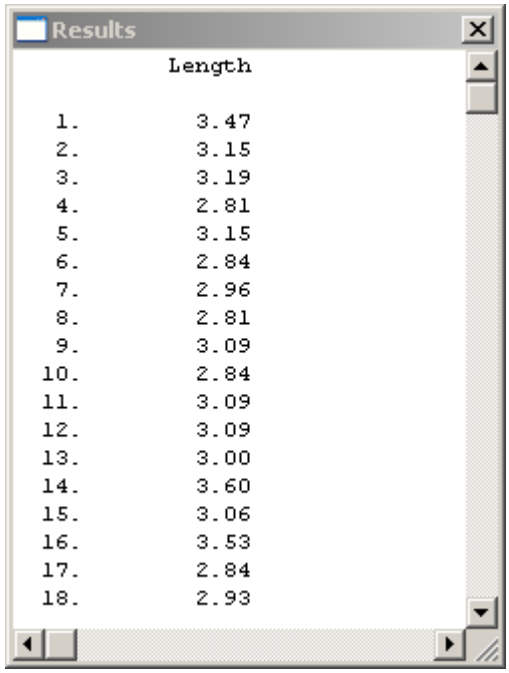

j03_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19



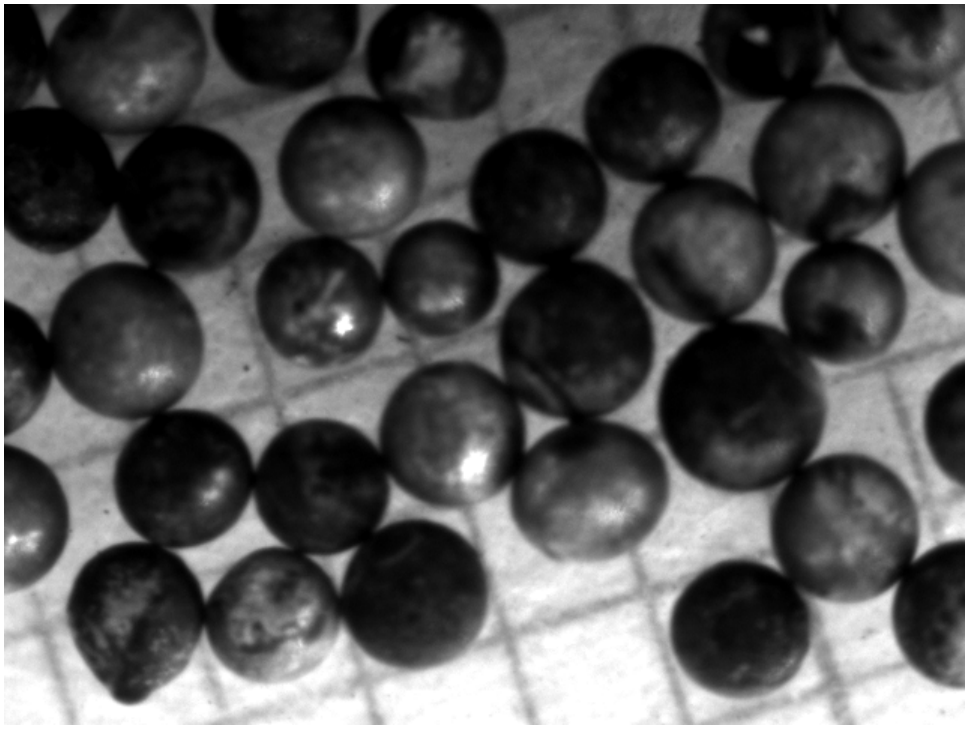
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,310	1,054	3,487
2	2,900	0,923	2,677
3	3,060	0,974	2,981
4	3,060	0,974	2,981
5	2,900	0,923	2,677
6	2,870	0,914	2,622
7	3,310	1,054	3,487
8	3,060	0,974	2,981
9	2,740	0,872	2,390
10	2,810	0,894	2,513
11	2,490	0,793	1,974
12	2,680	0,853	2,286
13	2,460	0,783	1,926
14	3,120	0,993	3,099
15	2,680	0,853	2,286
16	3,060	0,974	2,981
17	3,000	0,955	2,865
18	2,930	0,933	2,733
19	3,220	1,025	3,300



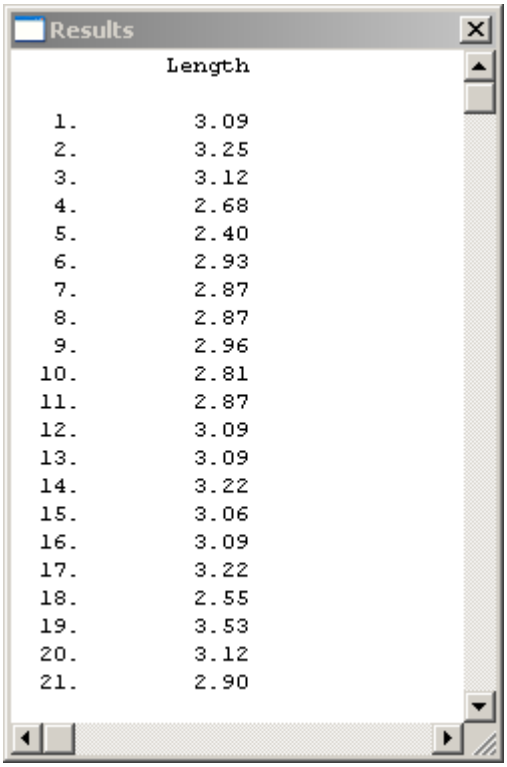

j04_0001.bmp*
8
4
7
9
15
1
5
10
14
16
2
11
13
17
6
3
12
18



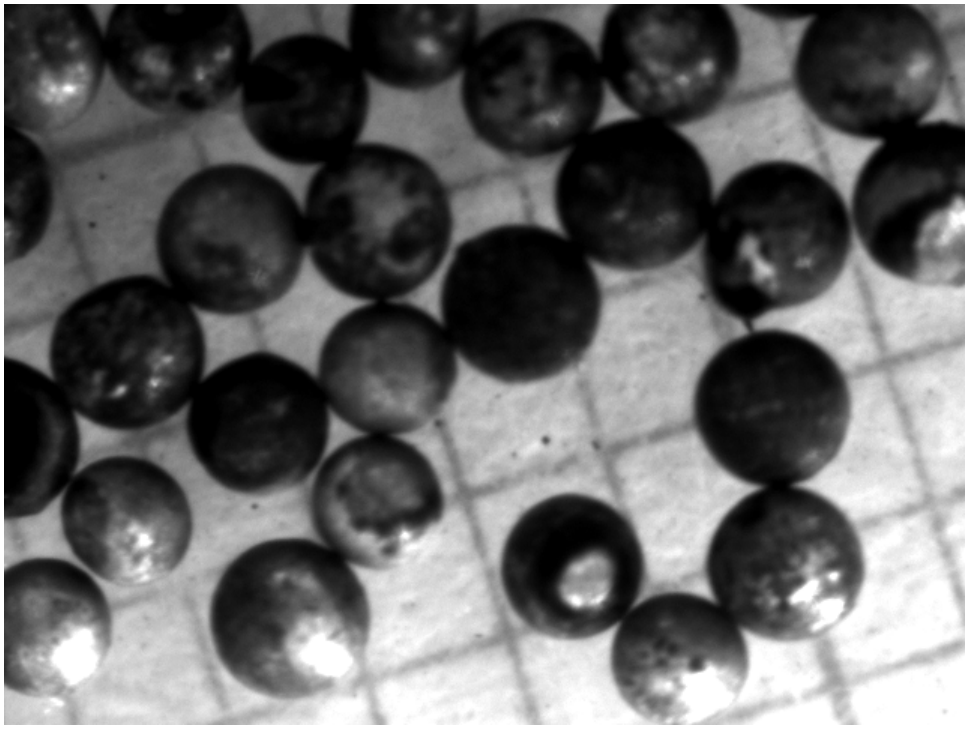
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,470	1,105	3,833
2	3,150	1,003	3,158
3	3,190	1,015	3,239
4	2,810	0,894	2,513
5	3,150	1,003	3,158
6	2,840	0,904	2,567
7	2,960	0,942	2,789
8	2,810	0,894	2,513
9	3,090	0,984	3,039
10	2,840	0,904	2,567
11	3,090	0,984	3,039
12	3,090	0,984	3,039
13	3,000	0,955	2,865
14	3,600	1,146	4,125
15	3,060	0,974	2,981
16	3,530	1,124	3,966
17	2,840	0,904	2,567
18	2,930	0,933	2,733



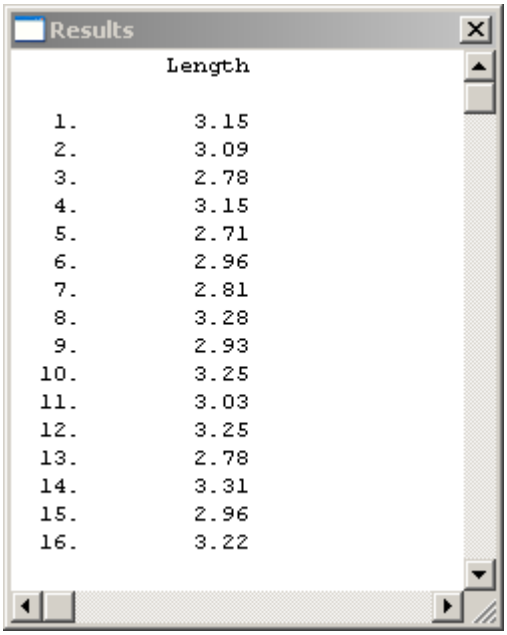

j05_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21



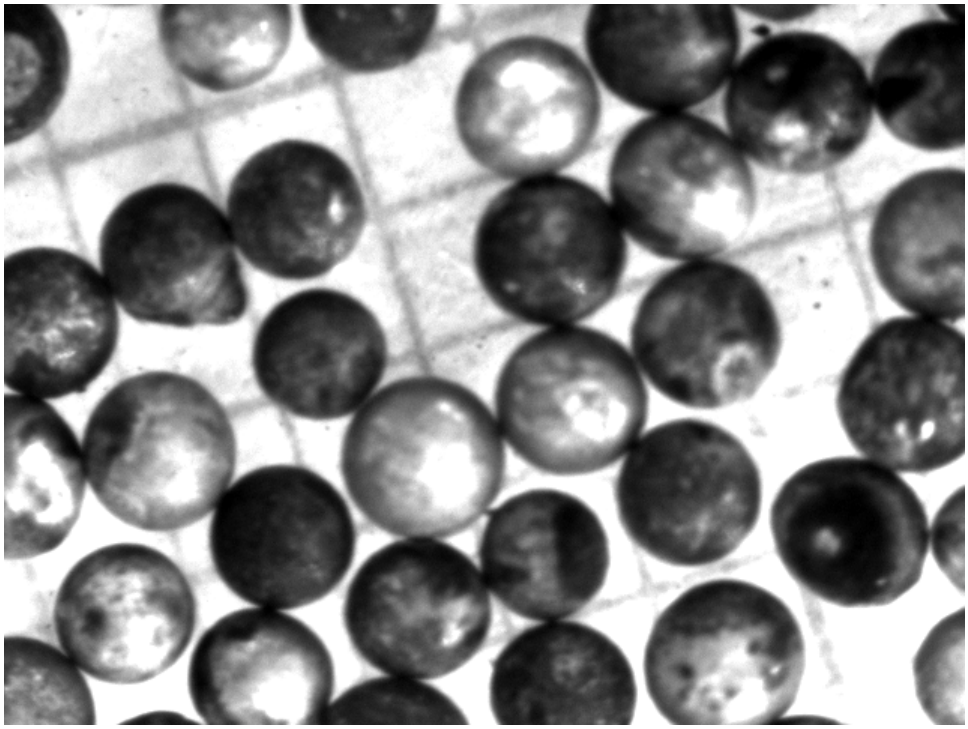
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,090	0,984	3,039
2	3,250	1,035	3,362
3	3,120	0,993	3,099
4	2,680	0,853	2,286
5	2,400	0,764	1,833
6	2,930	0,933	2,733
7	2,870	0,914	2,622
8	2,870	0,914	2,622
9	2,960	0,942	2,789
10	2,810	0,894	2,513
11	2,870	0,914	2,622
12	3,090	0,984	3,039
13	3,090	0,984	3,039
14	3,220	1,025	3,300
15	3,060	0,974	2,981
16	3,090	0,984	3,039
17	3,220	1,025	3,300
18	2,550	0,812	2,070
19	3,530	1,124	3,966
20	3,120	0,993	3,099
21	2,900	0,923	2,677

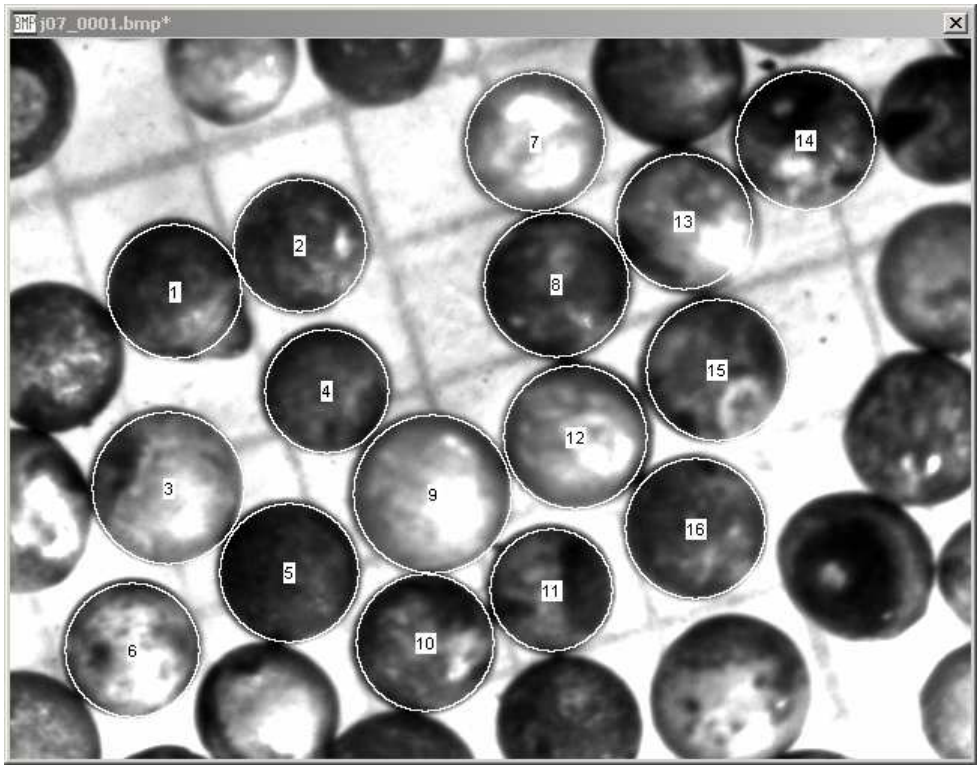


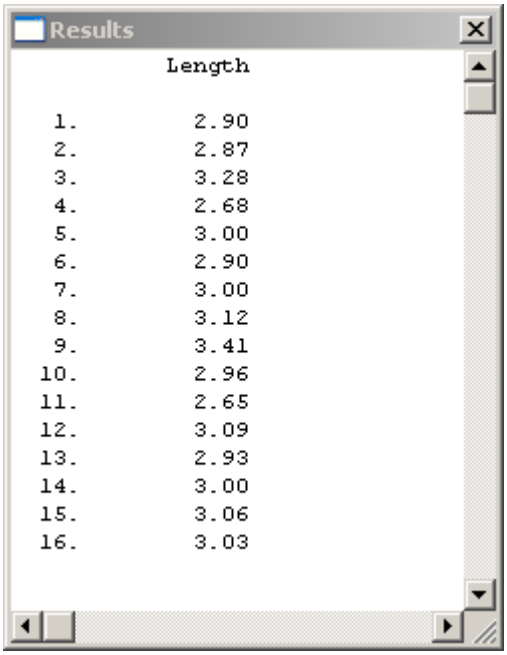

j06_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



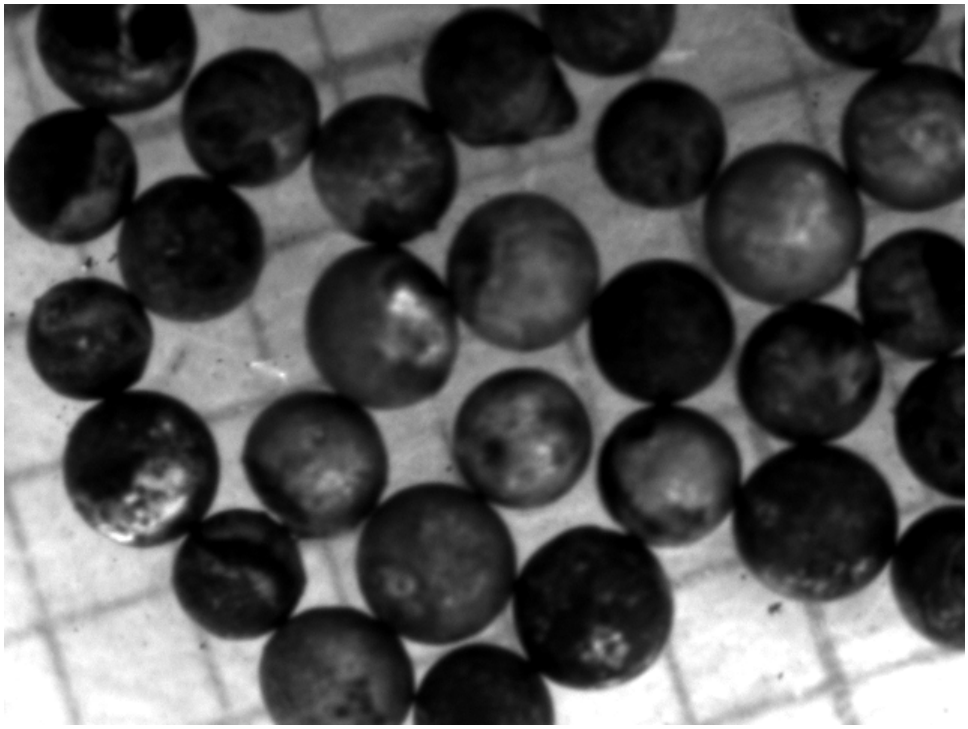
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,150	1,003	3,158
2	3,090	0,984	3,039
3	2,780	0,885	2,460
4	3,150	1,003	3,158
5	2,710	0,863	2,338
6	2,960	0,942	2,789
7	2,810	0,894	2,513
8	3,280	1,044	3,425
9	2,930	0,933	2,733
10	3,250	1,035	3,362
11	3,030	0,964	2,922
12	3,250	1,035	3,362
13	2,780	0,885	2,460
14	3,310	1,054	3,487
15	2,960	0,942	2,789
16	3,220	1,025	3,300

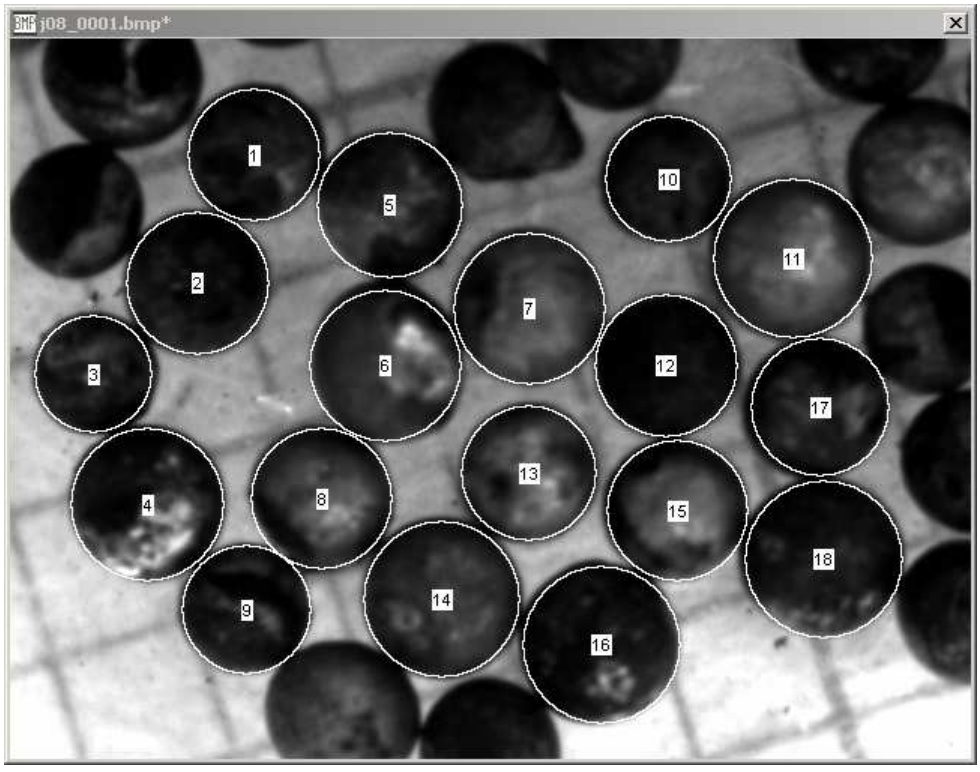


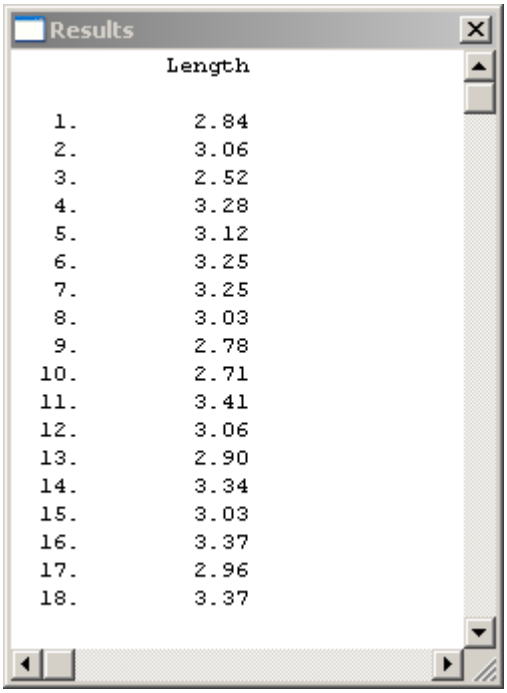

j07_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



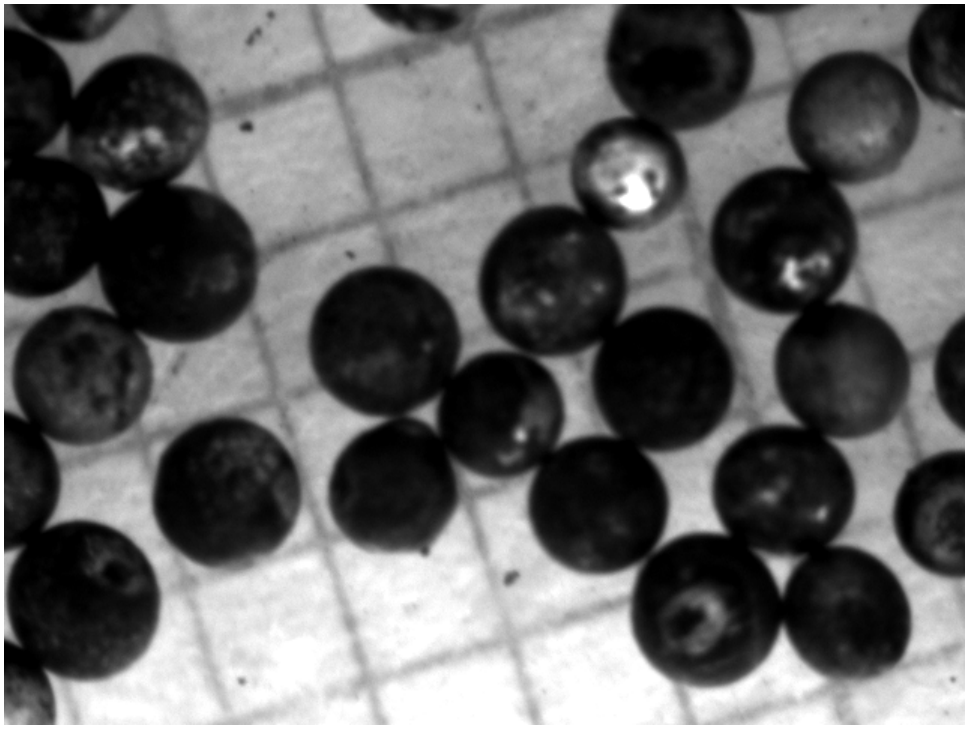
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,900	0,923	2,677
2	2,870	0,914	2,622
3	3,280	1,044	3,425
4	2,680	0,853	2,286
5	3,000	0,955	2,865
6	2,900	0,923	2,677
7	3,000	0,955	2,865
8	3,120	0,993	3,099
9	3,410	1,085	3,701
10	2,960	0,942	2,789
11	2,650	0,844	2,235
12	3,090	0,984	3,039
13	2,930	0,933	2,733
14	3,000	0,955	2,865
15	3,060	0,974	2,981
16	3,030	0,964	2,922

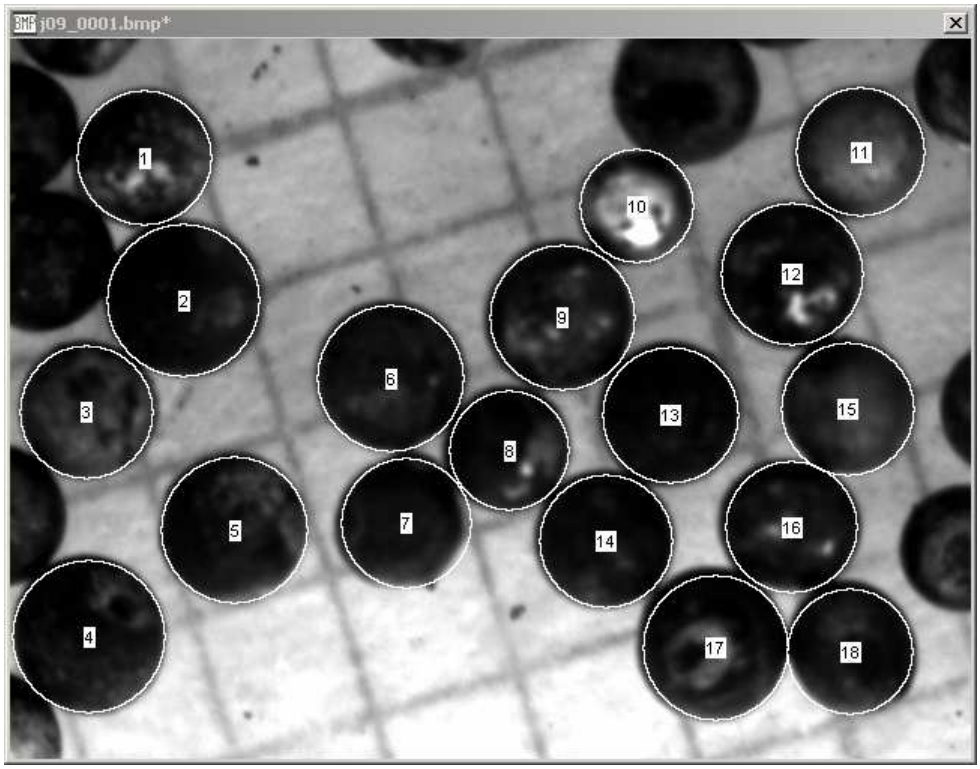


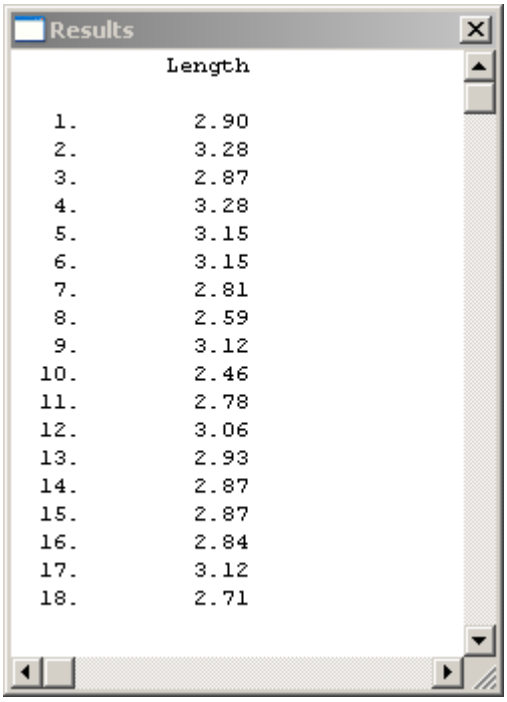

j08_0001.bmp*
1
5
10
11
2
7
3
6
12
17
4
8
13
15
18
9
14
16



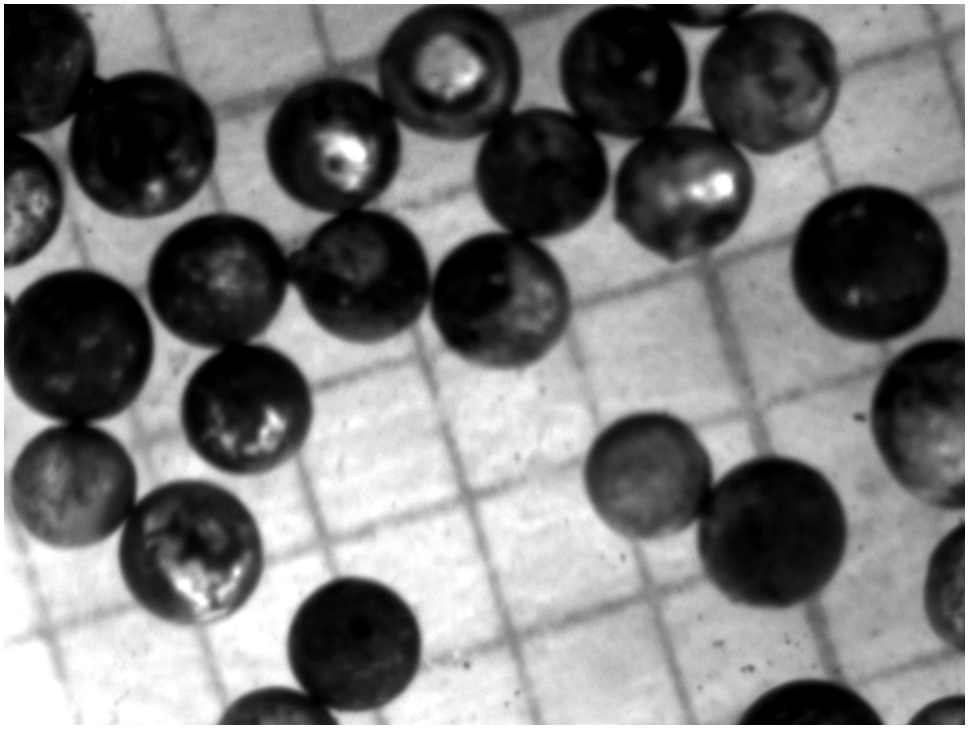
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,840	0,904	2,567
2	3,060	0,974	2,981
3	2,520	0,802	2,021
4	3,280	1,044	3,425
5	3,120	0,993	3,099
6	3,250	1,035	3,362
7	3,250	1,035	3,362
8	3,030	0,964	2,922
9	2,780	0,885	2,460
10	2,710	0,863	2,338
11	3,410	1,085	3,701
12	3,060	0,974	2,981
13	2,900	0,923	2,677
14	3,340	1,063	3,551
15	3,030	0,964	2,922
16	3,370	1,073	3,615
17	2,960	0,942	2,789
18	3,370	1,073	3,615

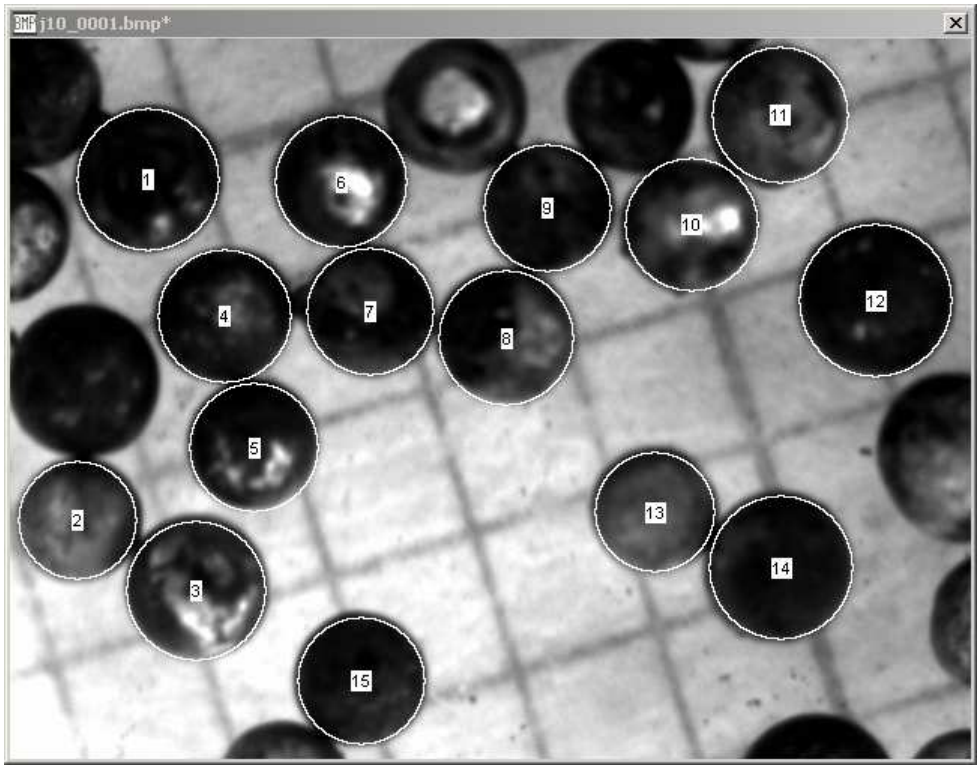


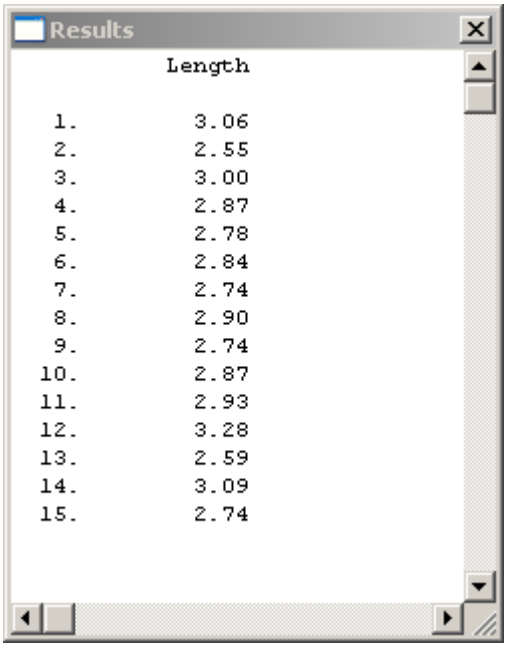

j09_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



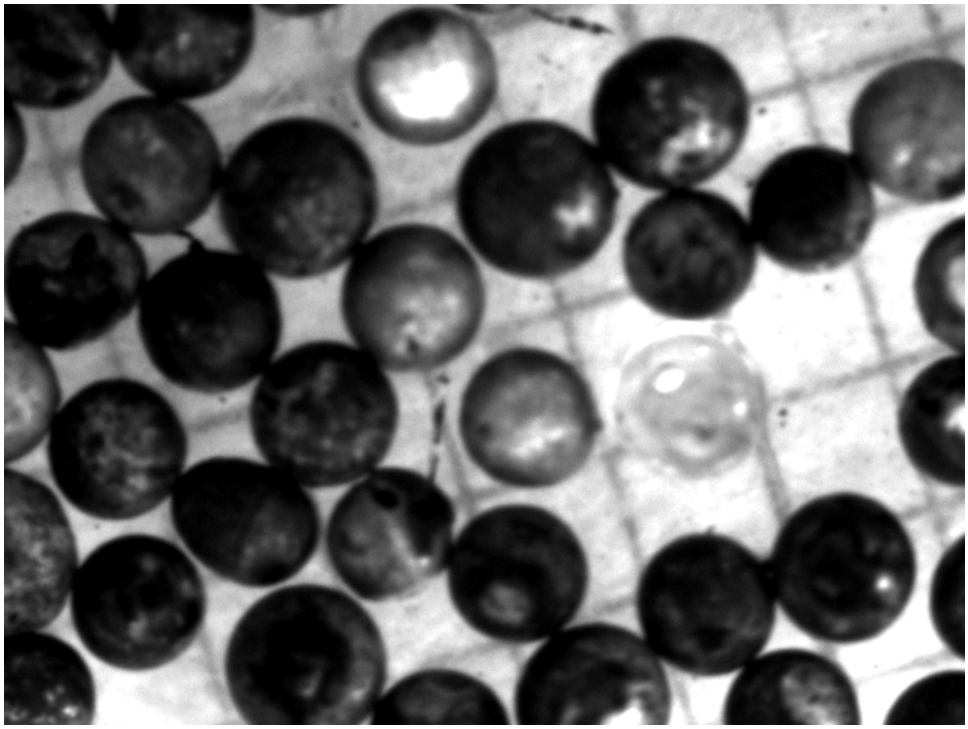
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,900	0,923	2,677
2	3,280	1,044	3,425
3	2,870	0,914	2,622
4	3,280	1,044	3,425
5	3,150	1,003	3,158
6	3,150	1,003	3,158
7	2,810	0,894	2,513
8	2,590	0,824	2,135
9	3,120	0,993	3,099
10	2,460	0,783	1,926
11	2,780	0,885	2,460
12	3,060	0,974	2,981
13	2,930	0,933	2,733
14	2,870	0,914	2,622
15	2,870	0,914	2,622
16	2,840	0,904	2,567
17	3,120	0,993	3,099
18	2,710	0,863	2,338



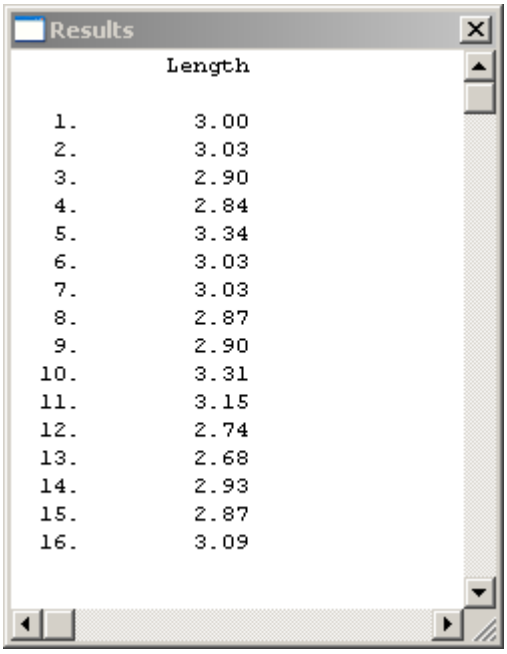

j10_0001.bmp*
1
6
9
10
11
12
4
7
8
5
2
3
13
14
15



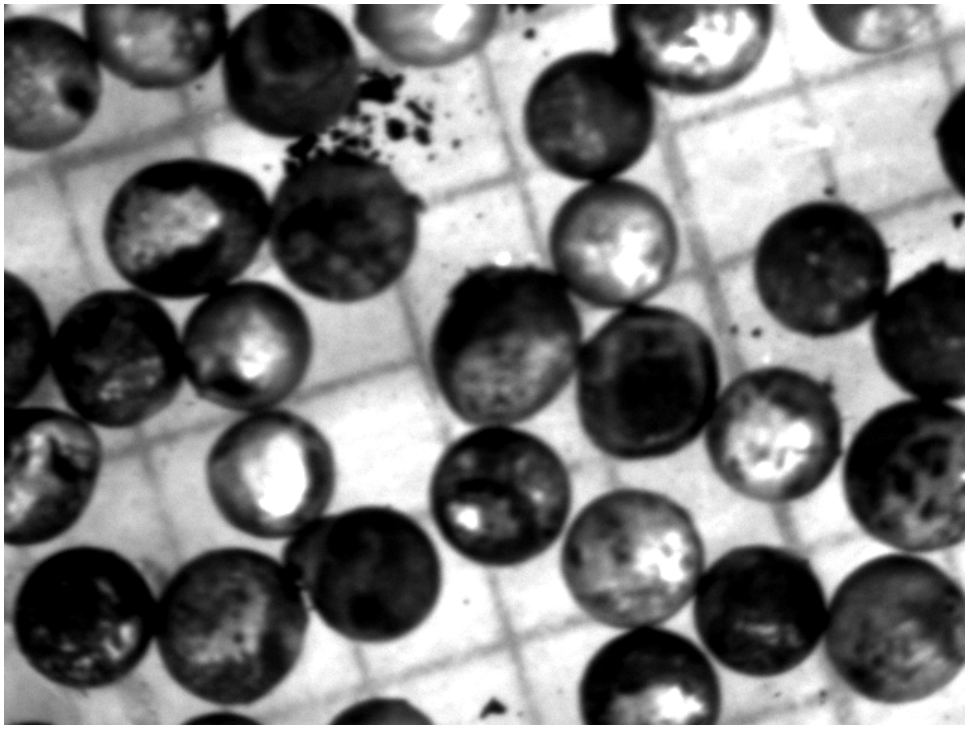
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,060	0,974	2,981
2	2,550	0,812	2,070
3	3,000	0,955	2,865
4	2,870	0,914	2,622
5	2,780	0,885	2,460
6	2,840	0,904	2,567
7	2,740	0,872	2,390
8	2,900	0,923	2,677
9	2,740	0,872	2,390
10	2,870	0,914	2,622
11	2,930	0,933	2,733
12	3,280	1,044	3,425
13	2,590	0,824	2,135
14	3,090	0,984	3,039
15	2,740	0,872	2,390



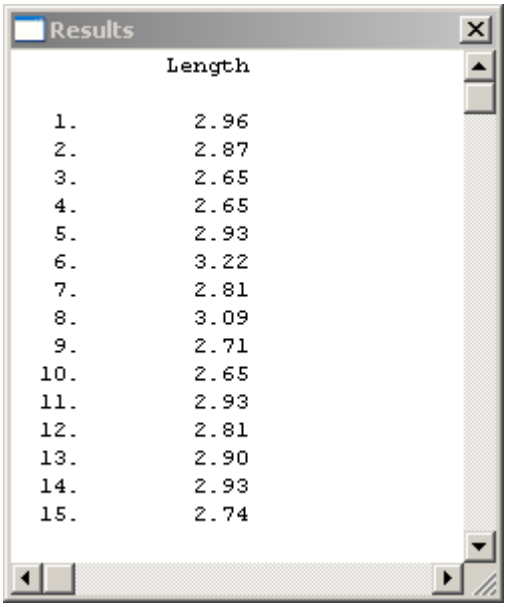

j11_0001.bmp*
9
11
1
5
10
13
12
6
2
7
8
3
14
16
4
15



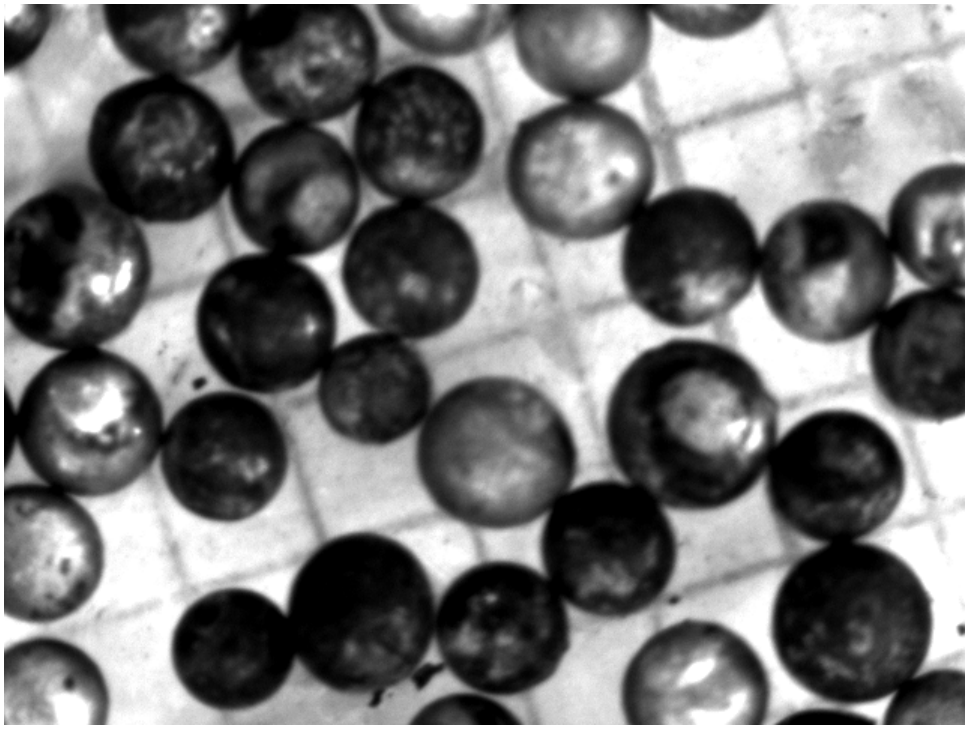
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,000	0,955	2,865
2	3,030	0,964	2,922
3	2,900	0,923	2,677
4	2,840	0,904	2,567
5	3,340	1,063	3,551
6	3,030	0,964	2,922
7	3,030	0,964	2,922
8	2,870	0,914	2,622
9	2,900	0,923	2,677
10	3,310	1,054	3,487
11	3,150	1,003	3,158
12	2,740	0,872	2,390
13	2,680	0,853	2,286
14	2,930	0,933	2,733
15	2,870	0,914	2,622
16	3,090	0,984	3,039



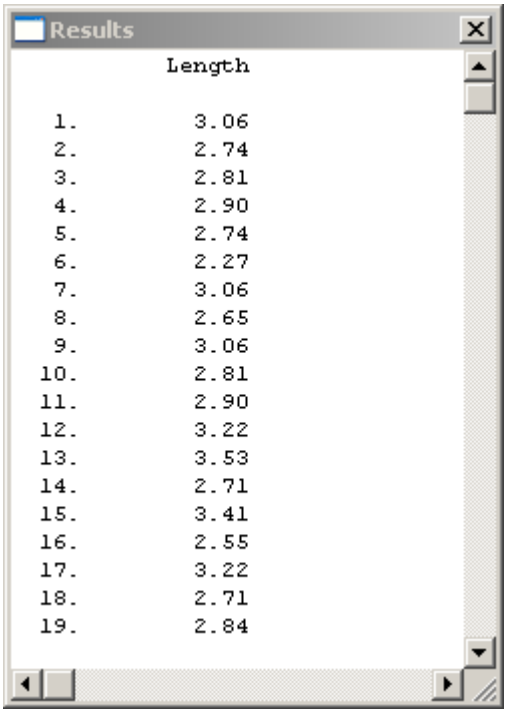

j12_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



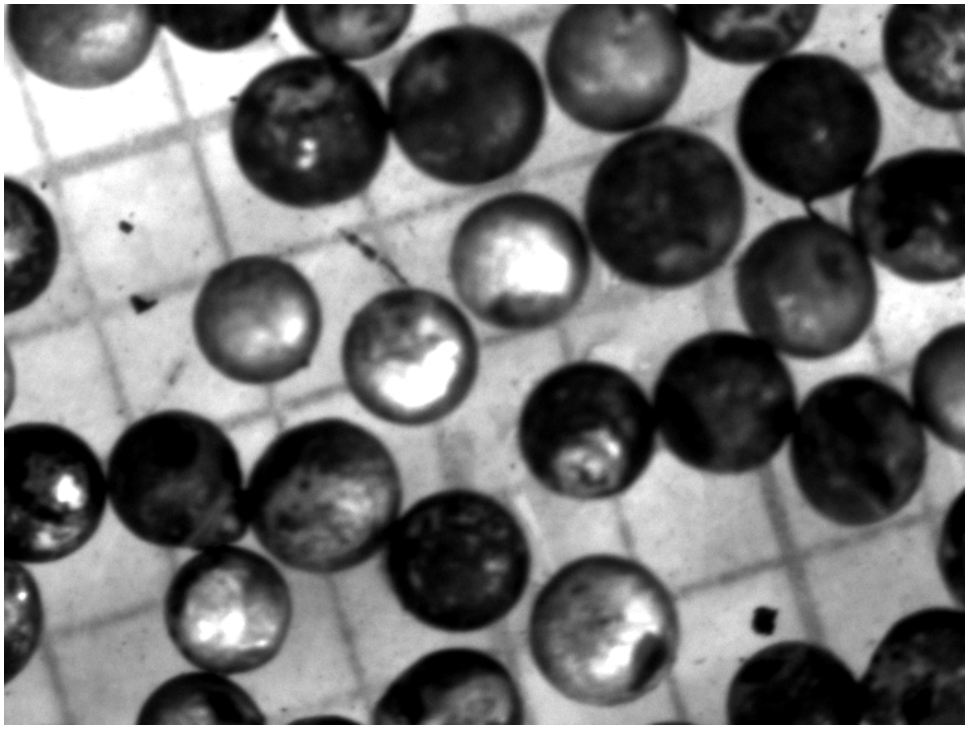
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,960	0,942	2,789
2	2,870	0,914	2,622
3	2,650	0,844	2,235
4	2,650	0,844	2,235
5	2,930	0,933	2,733
6	3,220	1,025	3,300
7	2,810	0,894	2,513
8	3,090	0,984	3,039
9	2,710	0,863	2,338
10	2,650	0,844	2,235
11	2,930	0,933	2,733
12	2,810	0,894	2,513
13	2,900	0,923	2,677
14	2,930	0,933	2,733
15	2,740	0,872	2,390



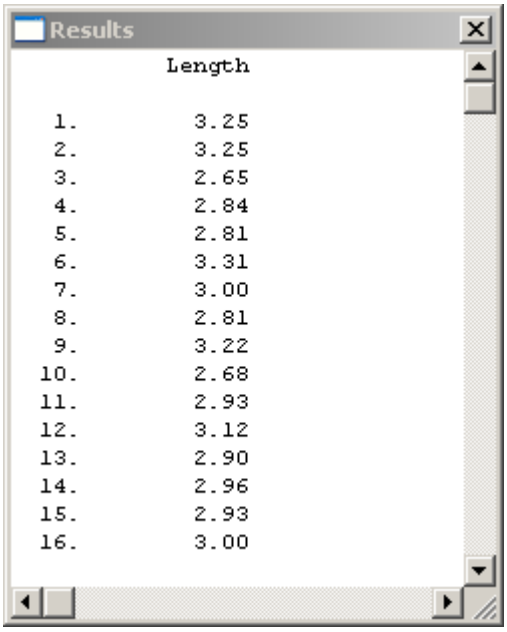

j13_0001.bmp*
1
2
3
9
10
11
5
4
6
7
8
12
13
14
19
17
18
16
15



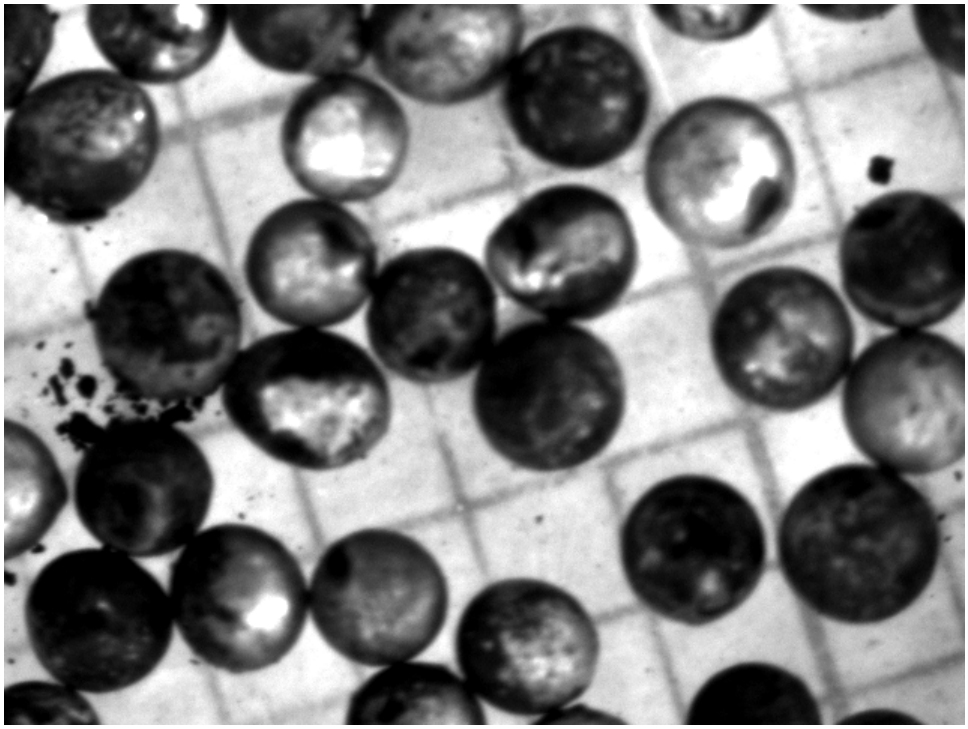
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,060	0,974	2,981
2	2,740	0,872	2,390
3	2,810	0,894	2,513
4	2,900	0,923	2,677
5	2,740	0,872	2,390
6	2,270	0,723	1,640
7	3,060	0,974	2,981
8	2,650	0,844	2,235
9	3,060	0,974	2,981
10	2,810	0,894	2,513
11	2,900	0,923	2,677
12	3,220	1,025	3,300
13	3,530	1,124	3,966
14	2,710	0,863	2,338
15	3,410	1,085	3,701
16	2,550	0,812	2,070
17	3,220	1,025	3,300
18	2,710	0,863	2,338
19	2,840	0,904	2,567

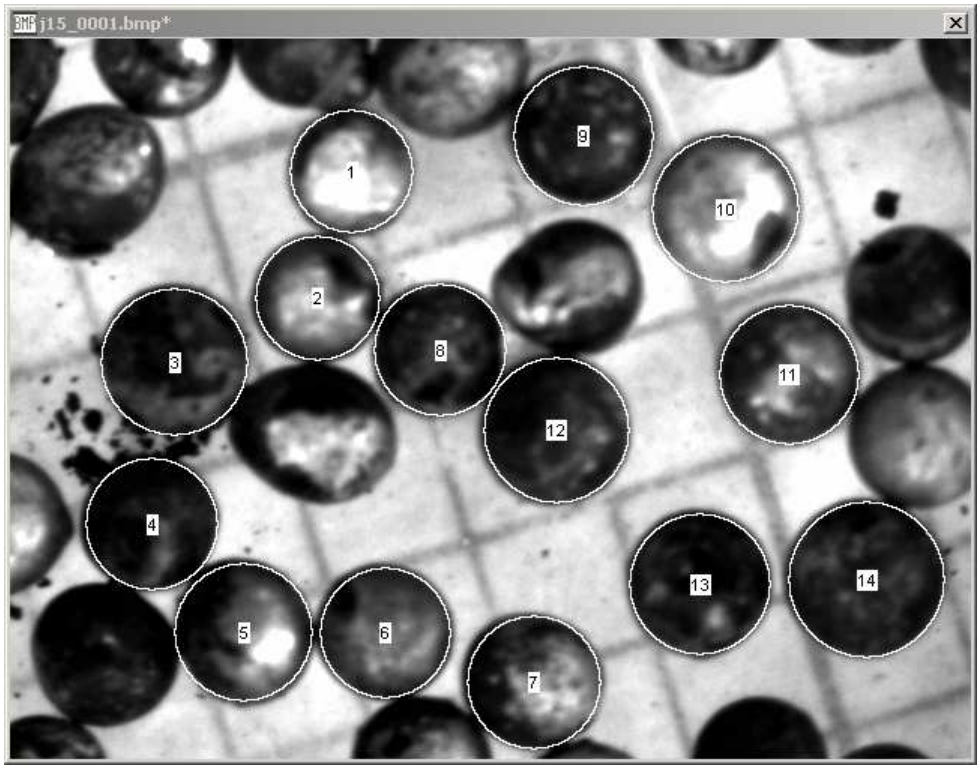


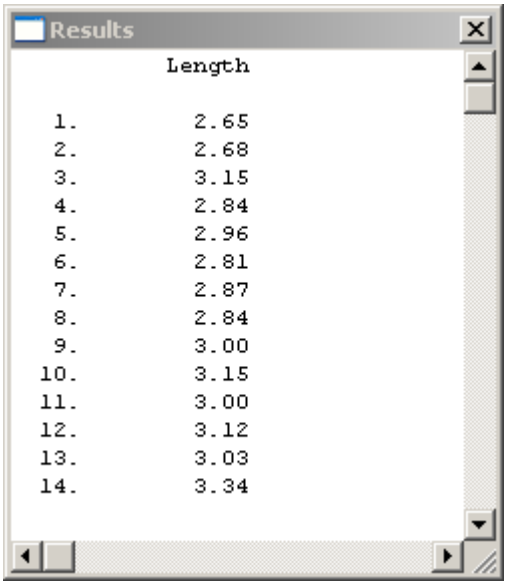

j14_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,250	1,035	3,362
2	3,250	1,035	3,362
3	2,650	0,844	2,235
4	2,840	0,904	2,567
5	2,810	0,894	2,513
6	3,310	1,054	3,487
7	3,000	0,955	2,865
8	2,810	0,894	2,513
9	3,220	1,025	3,300
10	2,680	0,853	2,286
11	2,930	0,933	2,733
12	3,120	0,993	3,099
13	2,900	0,923	2,677
14	2,960	0,942	2,789
15	2,930	0,933	2,733
16	3,000	0,955	2,865



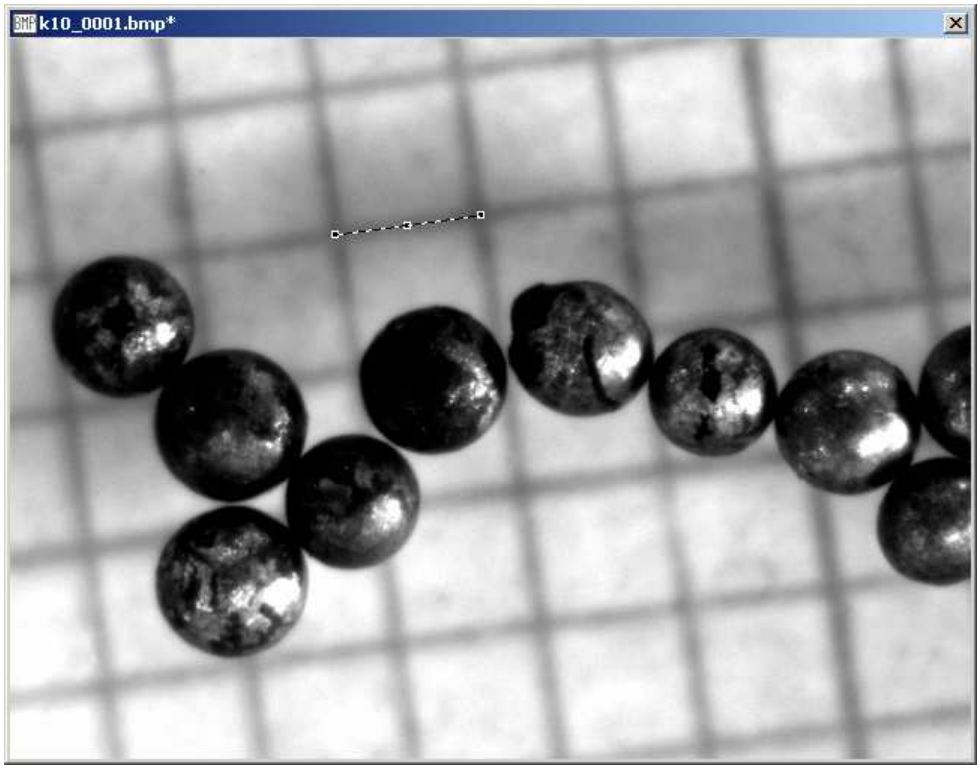

j15_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

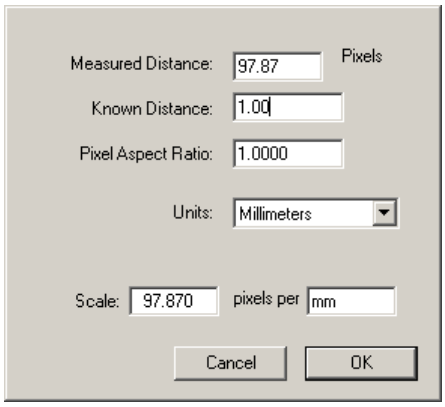


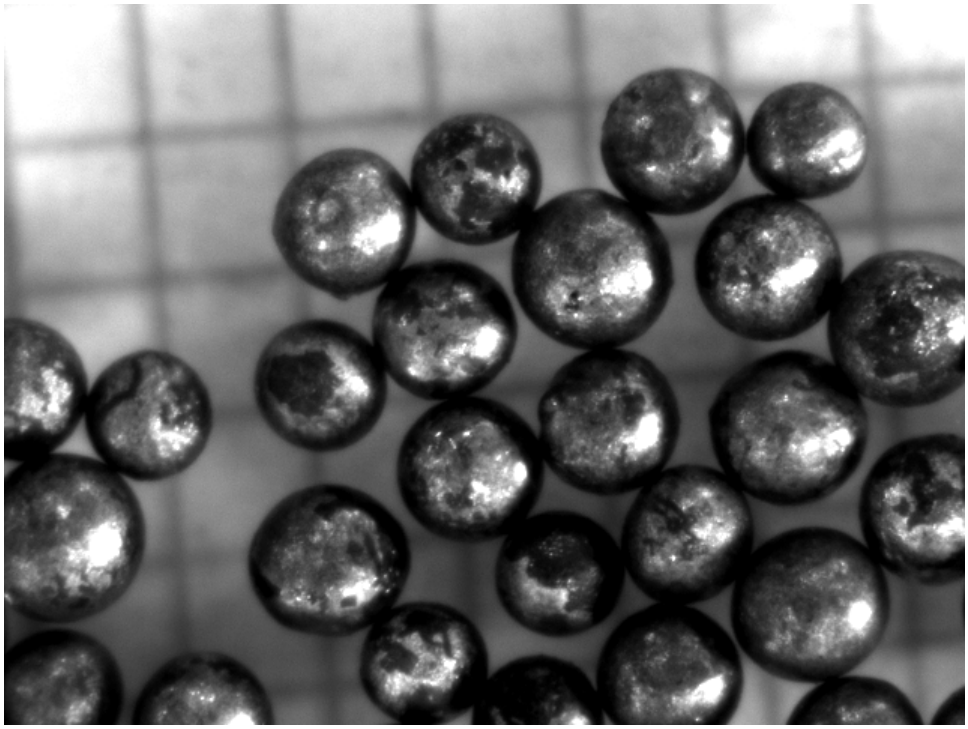
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,650	0,844	2,235
2	2,680	0,853	2,286
3	3,150	1,003	3,158
4	2,840	0,904	2,567
5	2,960	0,942	2,789
6	2,810	0,894	2,513
7	2,870	0,914	2,622
8	2,840	0,904	2,567
9	3,000	0,955	2,865
10	3,150	1,003	3,158
11	3,000	0,955	2,865
12	3,120	0,993	3,099
13	3,030	0,964	2,922
14	3,340	1,063	3,551

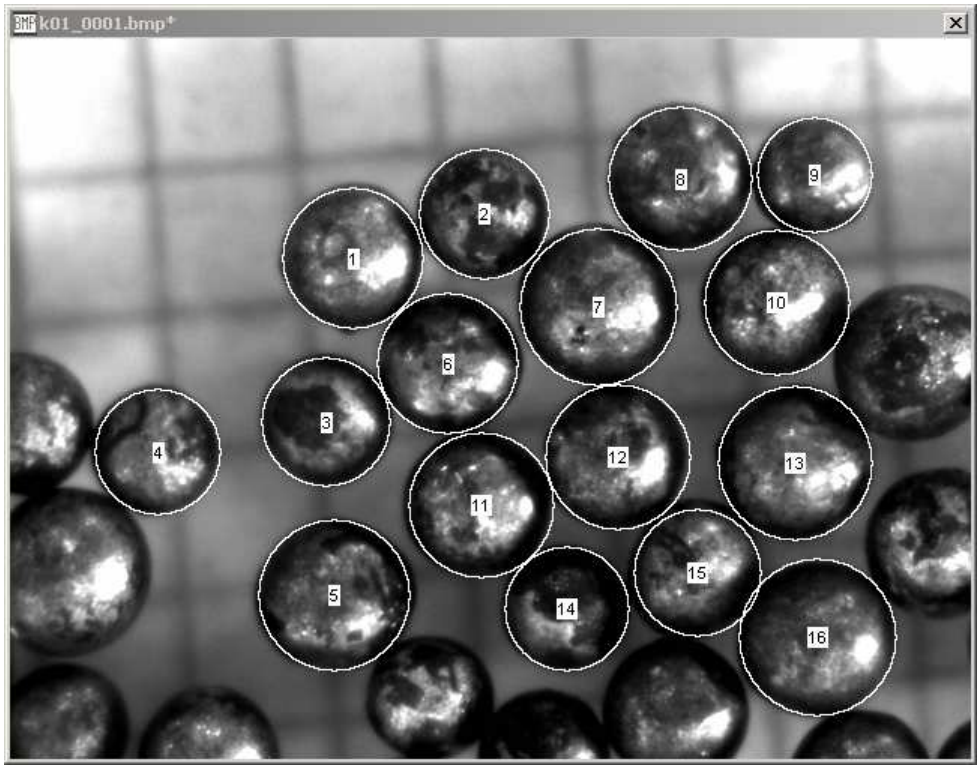
D.3 COPO 3 – ESFERAS DE FERRO DE GRANOLUMETRIA 0,80 – 1,20MM COM TRATAMENTO INTERMÉDIO

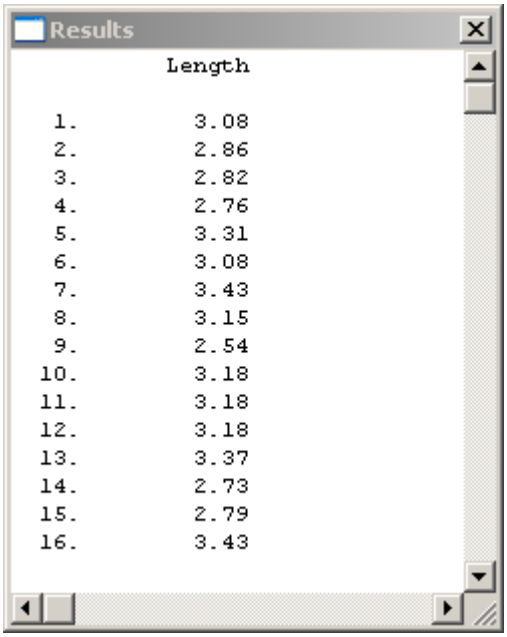
D.3.1 DIA 0 (21–ABRIL-2009)



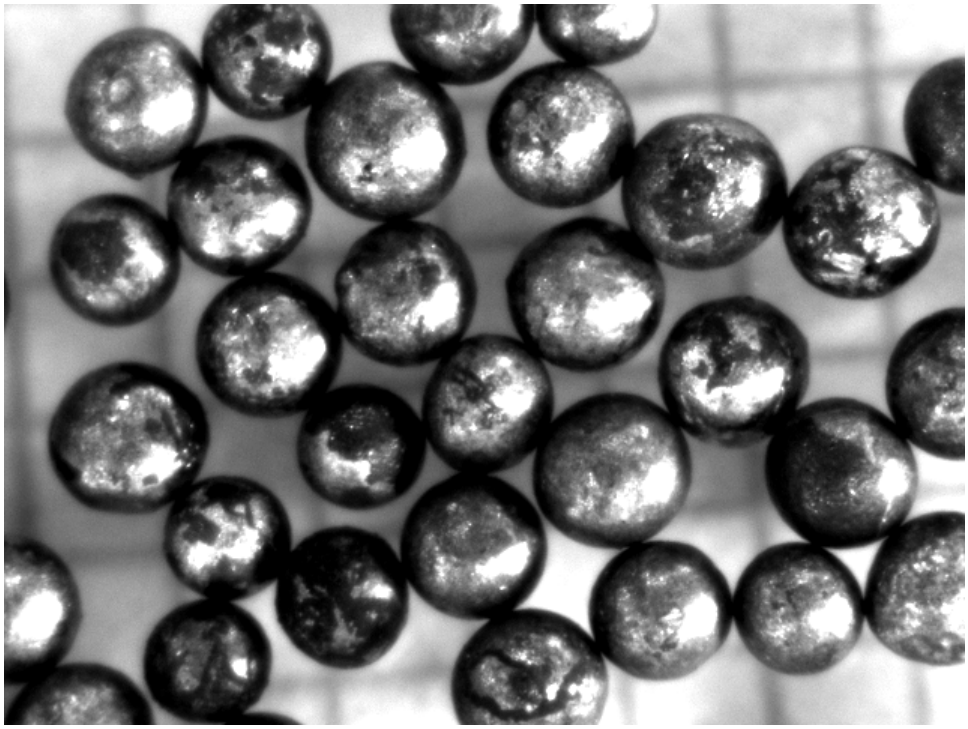


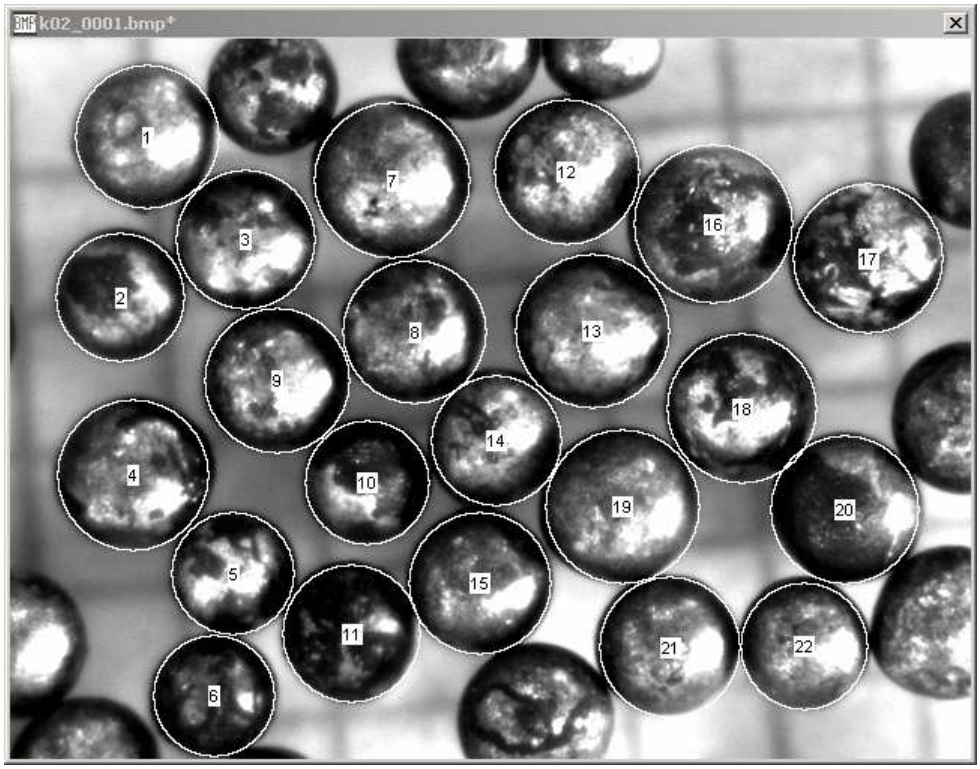


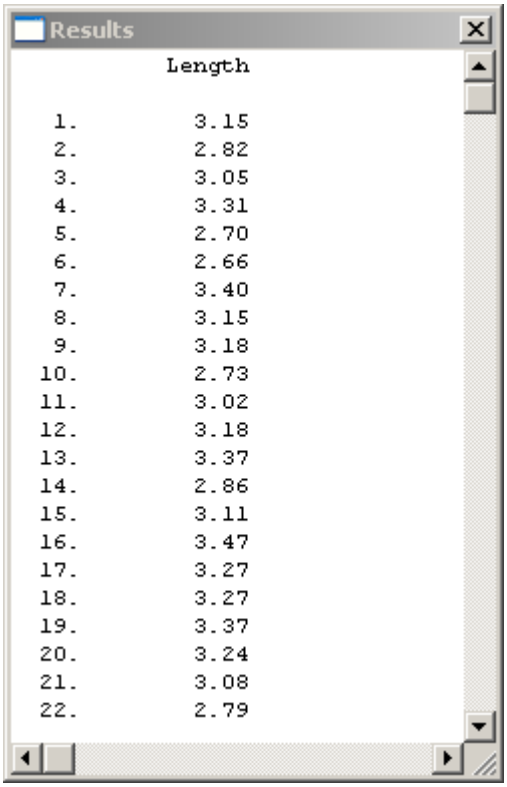

k01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



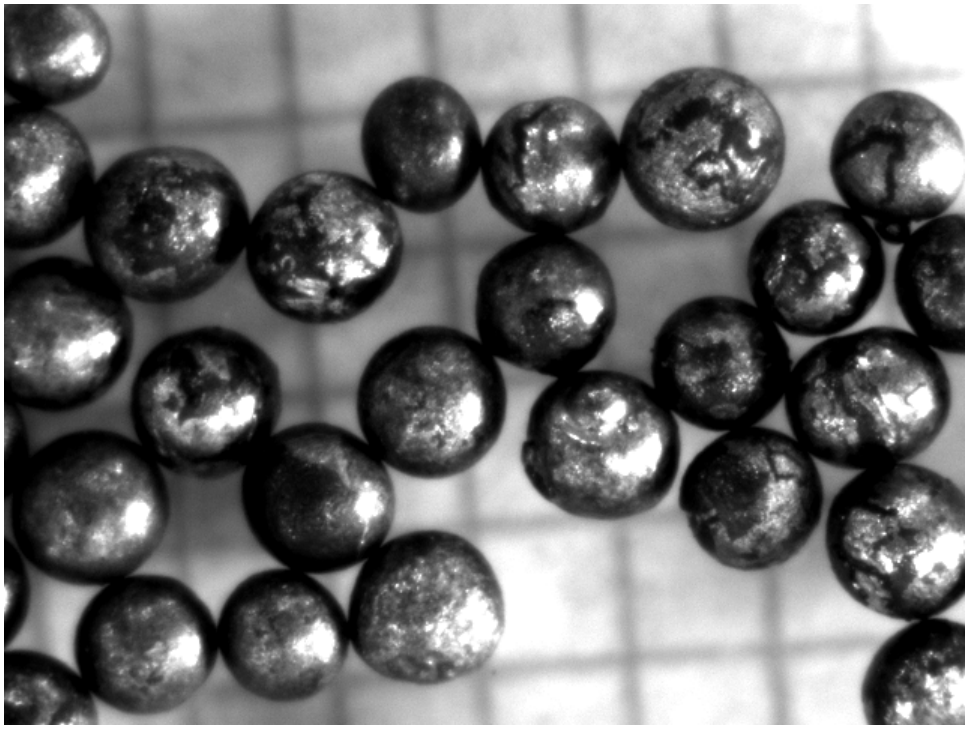
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,080	0,980	3,020
2	2,860	0,910	2,604
3	2,820	0,898	2,531
4	2,760	0,879	2,425
5	3,310	1,054	3,487
6	3,080	0,980	3,020
7	3,430	1,092	3,745
8	3,150	1,003	3,158
9	2,540	0,809	2,054
10	3,180	1,012	3,219
11	3,180	1,012	3,219
12	3,180	1,012	3,219
13	3,370	1,073	3,615
14	2,730	0,869	2,372
15	2,790	0,888	2,478
16	3,430	1,092	3,745

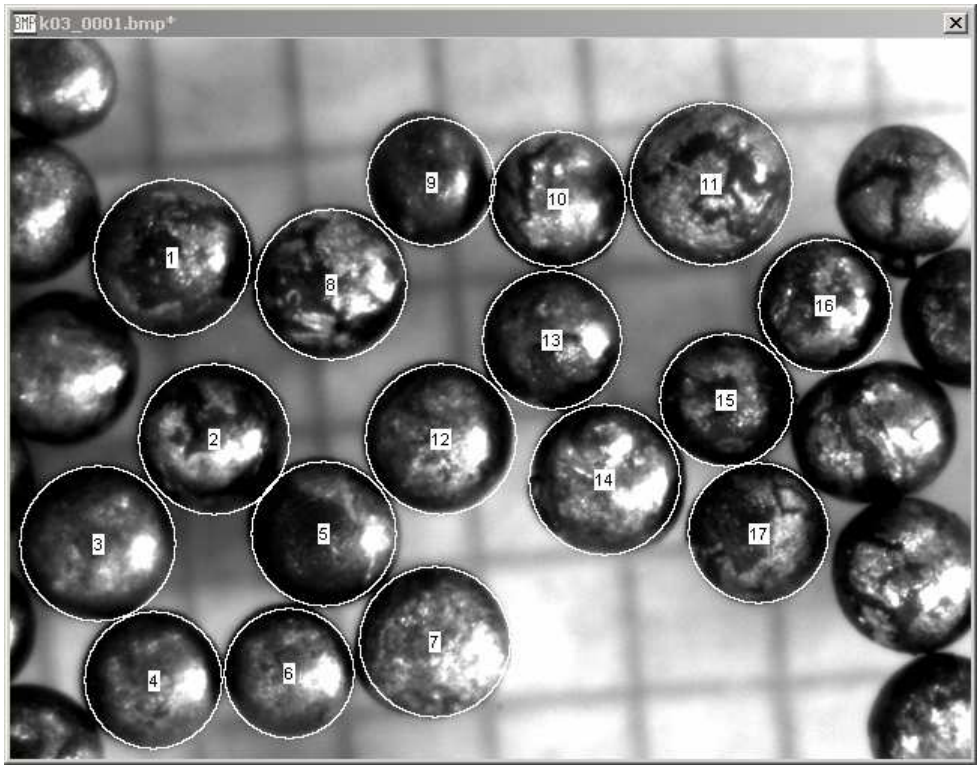


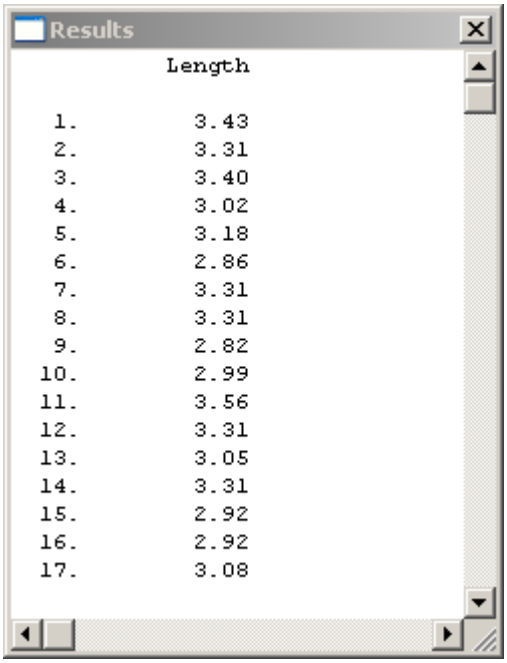

k02_0001.bmp*
1
7
12
16
17
3
2
8
13
9
18
14
4
10
19
20
5
15
11
21
22
6



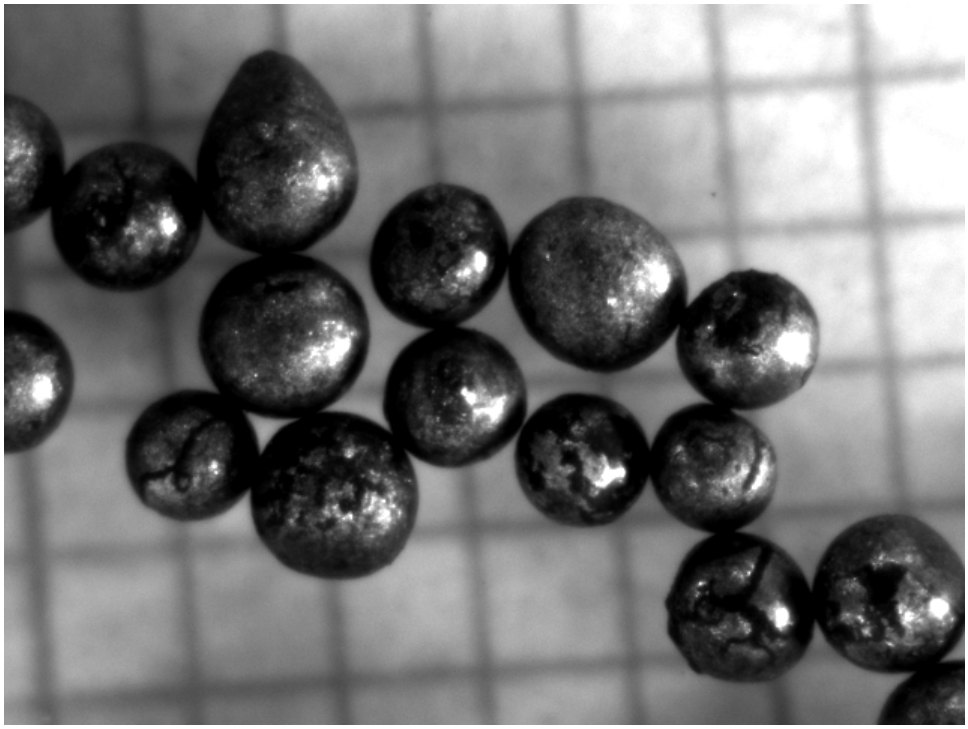
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,150	1,003	3,158
2	2,820	0,898	2,531
3	3,050	0,971	2,961
4	3,310	1,054	3,487
5	2,700	0,859	2,320
6	2,660	0,847	2,252
7	3,400	1,082	3,680
8	3,150	1,003	3,158
9	3,180	1,012	3,219
10	2,730	0,869	2,372
11	3,020	0,961	2,903
12	3,180	1,012	3,219
13	3,370	1,073	3,615
14	2,860	0,910	2,604
15	3,110	0,990	3,079
16	3,470	1,105	3,833
17	3,270	1,041	3,404
18	3,270	1,041	3,404
19	3,370	1,073	3,615
20	3,240	1,031	3,341
21	3,080	0,980	3,020
22	2,790	0,888	2,478

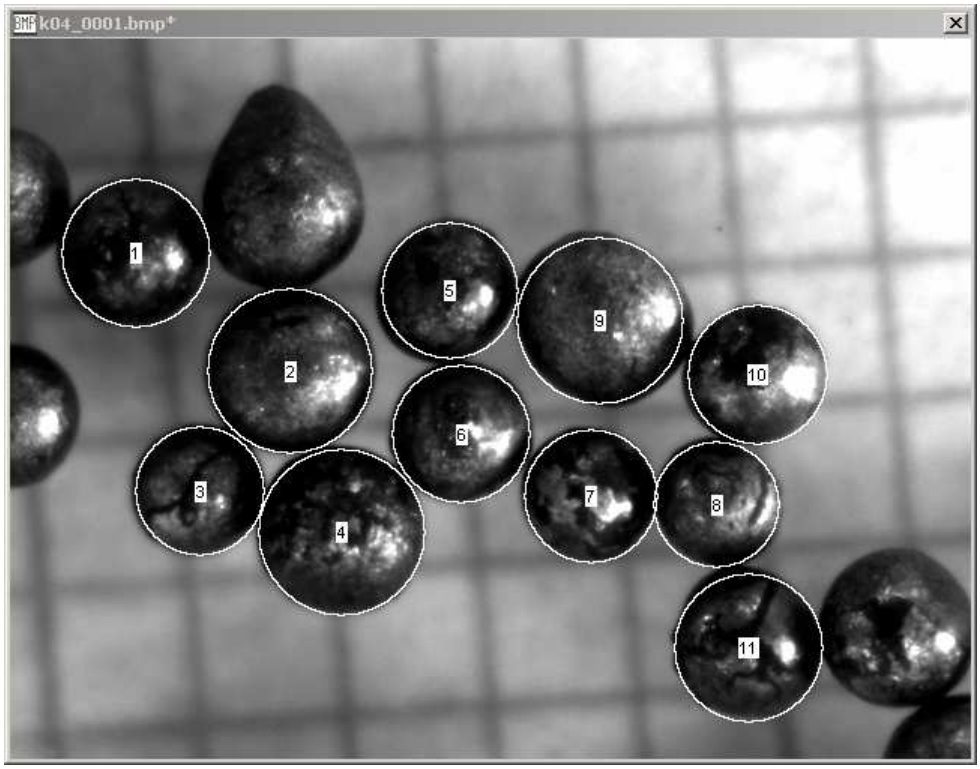


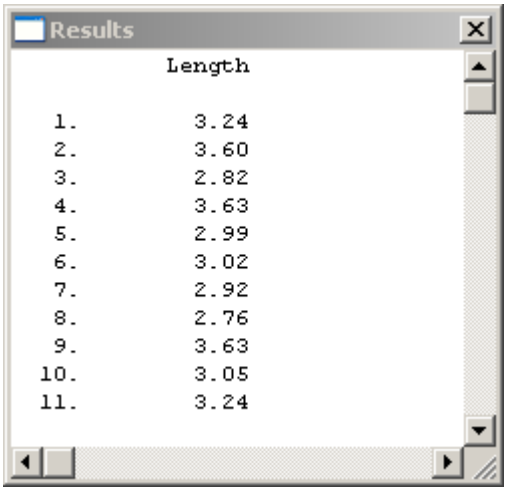

k03_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



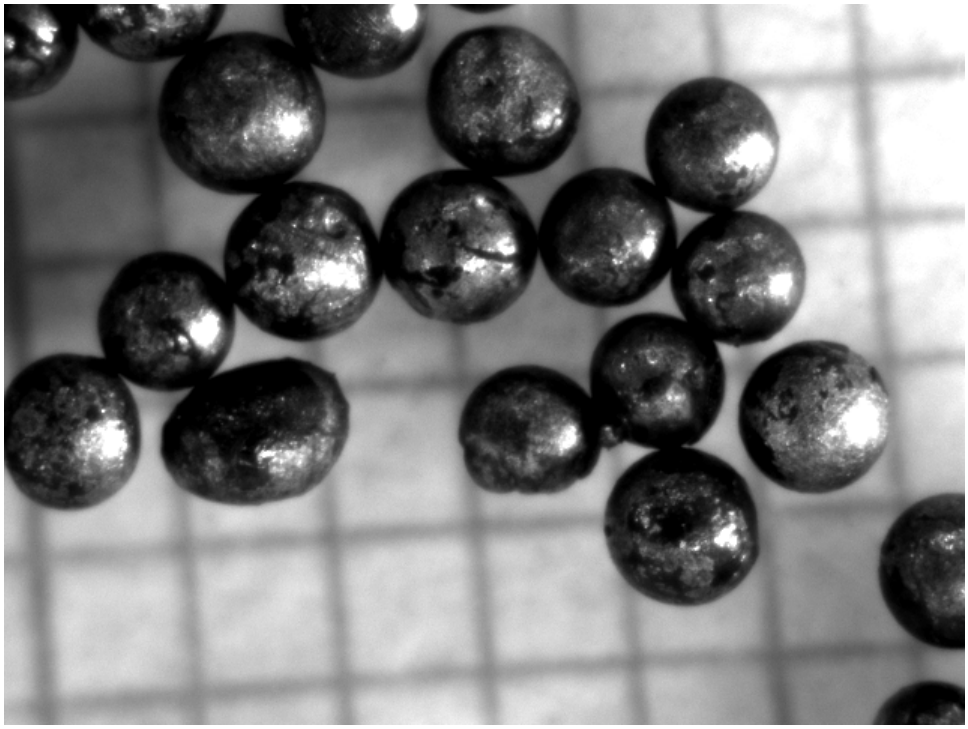
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,430	1,092	3,745
2	3,310	1,054	3,487
3	3,400	1,082	3,680
4	3,020	0,961	2,903
5	3,180	1,012	3,219
6	2,860	0,910	2,604
7	3,310	1,054	3,487
8	3,310	1,054	3,487
9	2,820	0,898	2,531
10	2,990	0,952	2,846
11	3,560	1,133	4,034
12	3,310	1,054	3,487
13	3,050	0,971	2,961
14	3,310	1,054	3,487
15	2,920	0,929	2,714
16	2,920	0,929	2,714
17	3,080	0,980	3,020

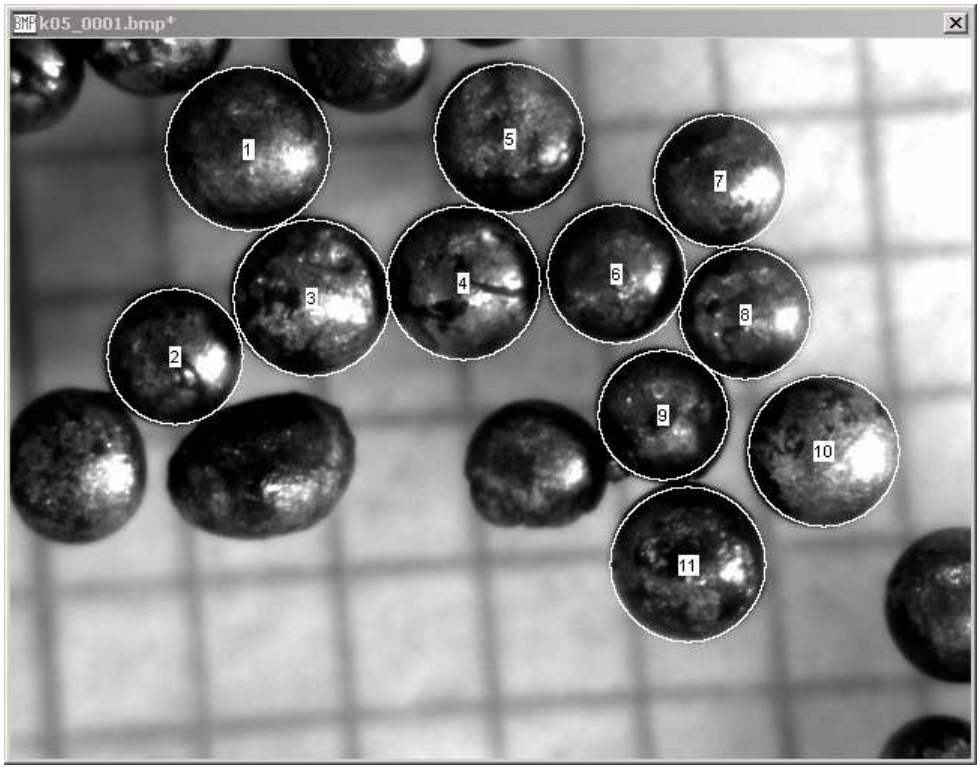


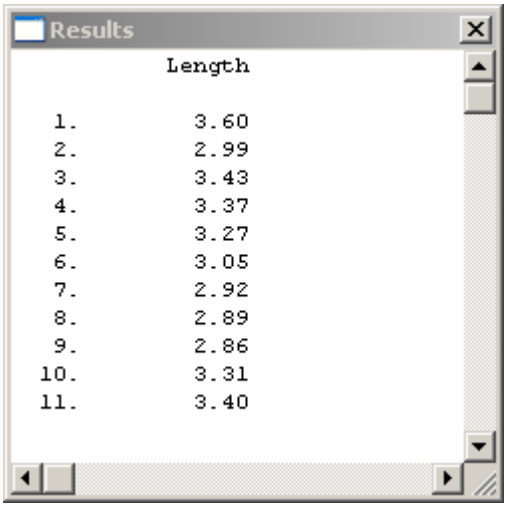

k04_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11



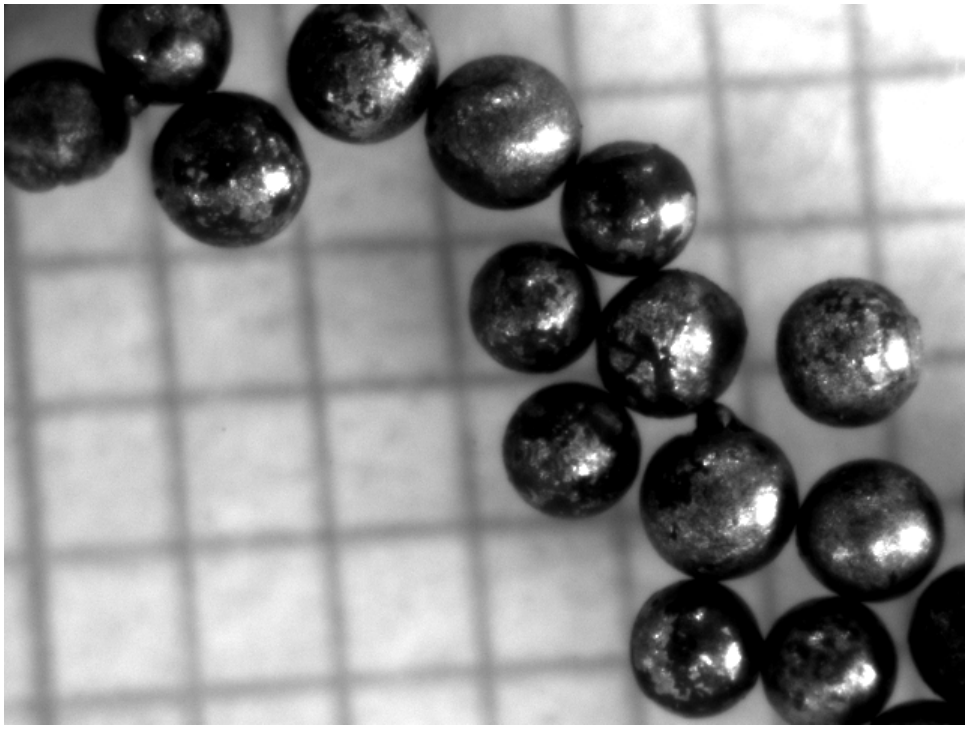
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,240	1,031	3,341
2	3,600	1,146	4,125
3	2,820	0,898	2,531
4	3,630	1,155	4,194
5	2,990	0,952	2,846
6	3,020	0,961	2,903
7	2,920	0,929	2,714
8	2,760	0,879	2,425
9	3,630	1,155	4,194
10	3,050	0,971	2,961
11	3,240	1,031	3,341

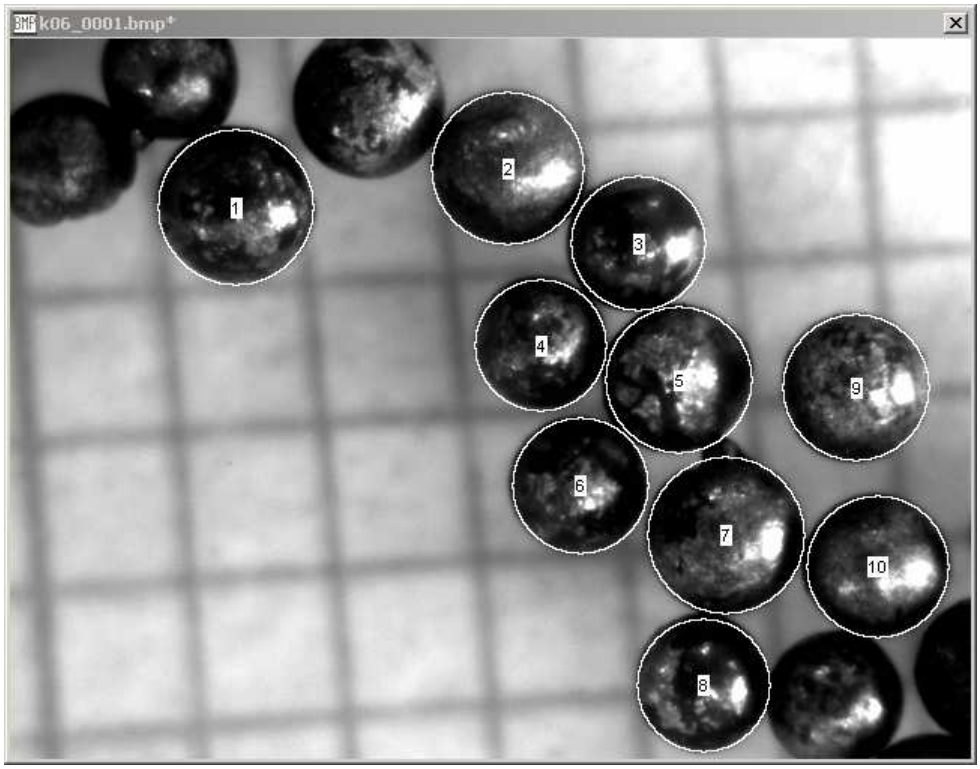


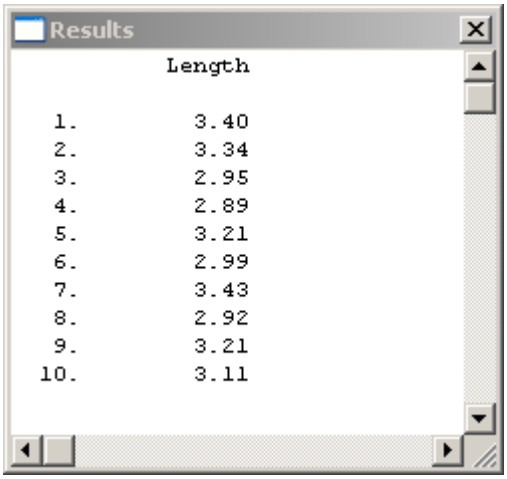

k05_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11



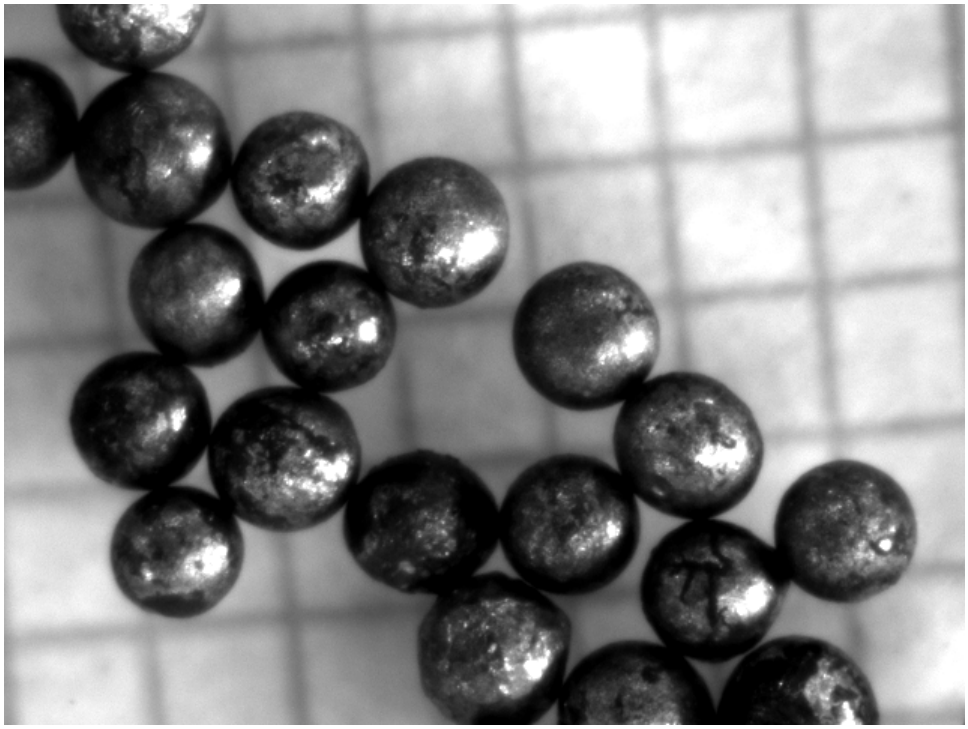
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,600	1,146	4,125
2	2,990	0,952	2,846
3	3,430	1,092	3,745
4	3,370	1,073	3,615
5	3,270	1,041	3,404
6	3,050	0,971	2,961
7	2,920	0,929	2,714
8	2,890	0,920	2,659
9	2,860	0,910	2,604
10	3,310	1,054	3,487
11	3,400	1,082	3,680

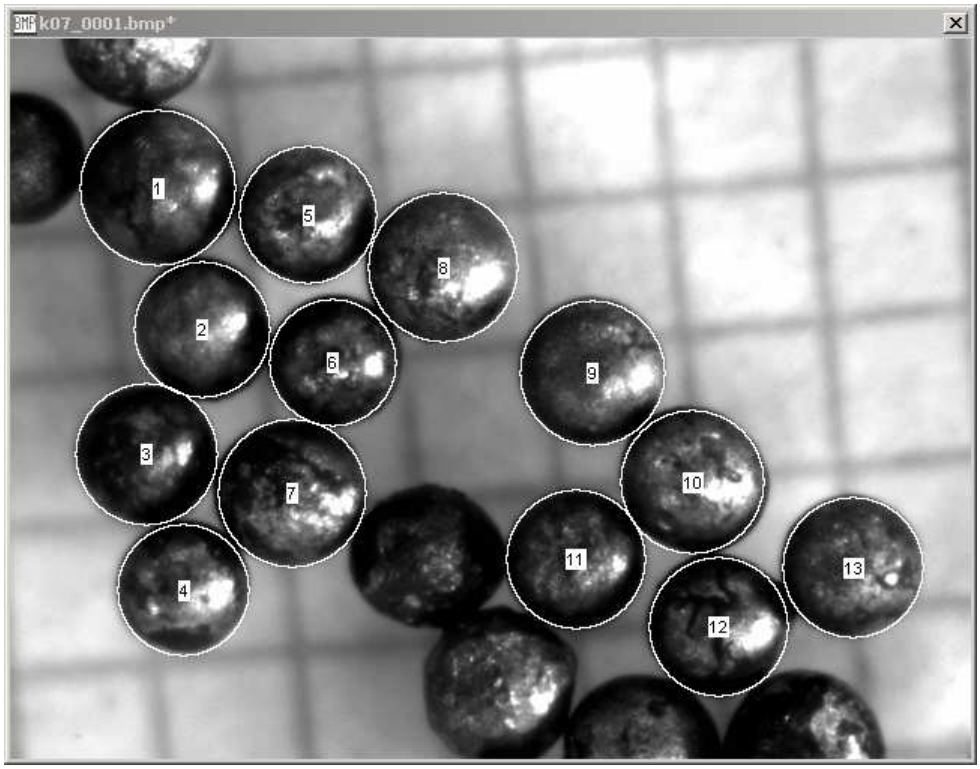


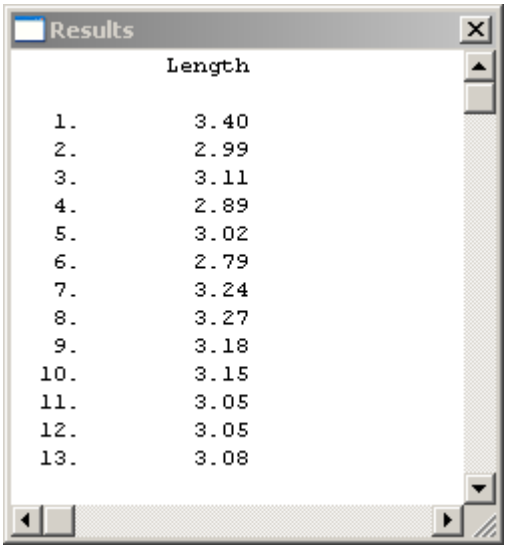

k06_0001.bmp*
1
2
3
4
5
9
6
7
10
8



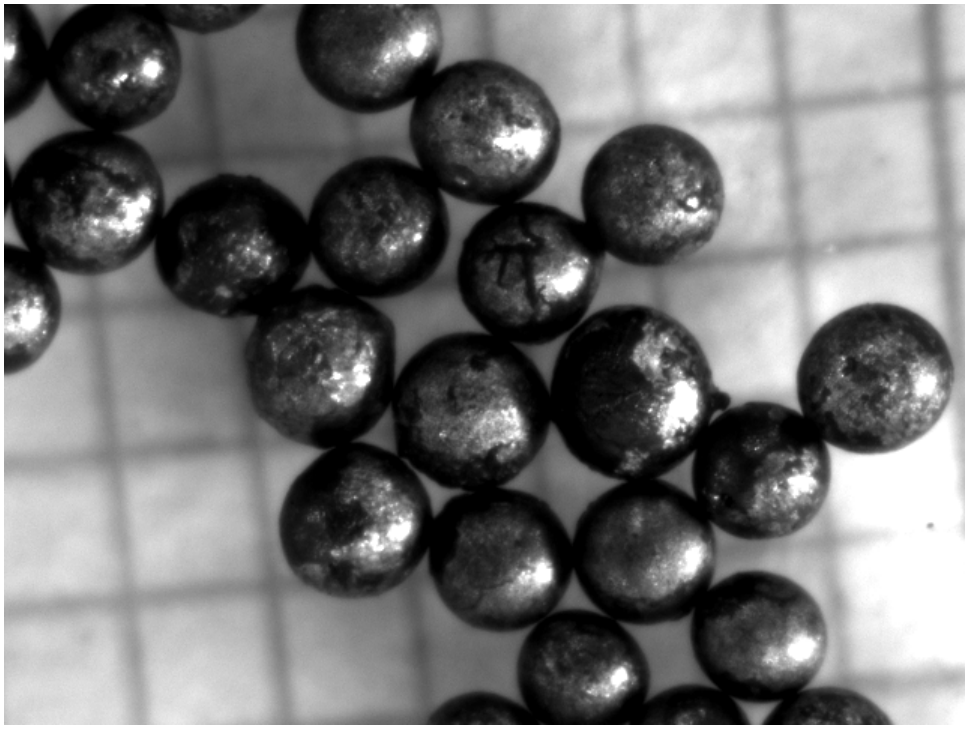
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,400	1,082	3,680
2	3,340	1,063	3,551
3	2,950	0,939	2,770
4	2,890	0,920	2,659
5	3,210	1,022	3,280
6	2,990	0,952	2,846
7	3,430	1,092	3,745
8	2,920	0,929	2,714
9	3,210	1,022	3,280
10	3,110	0,990	3,079

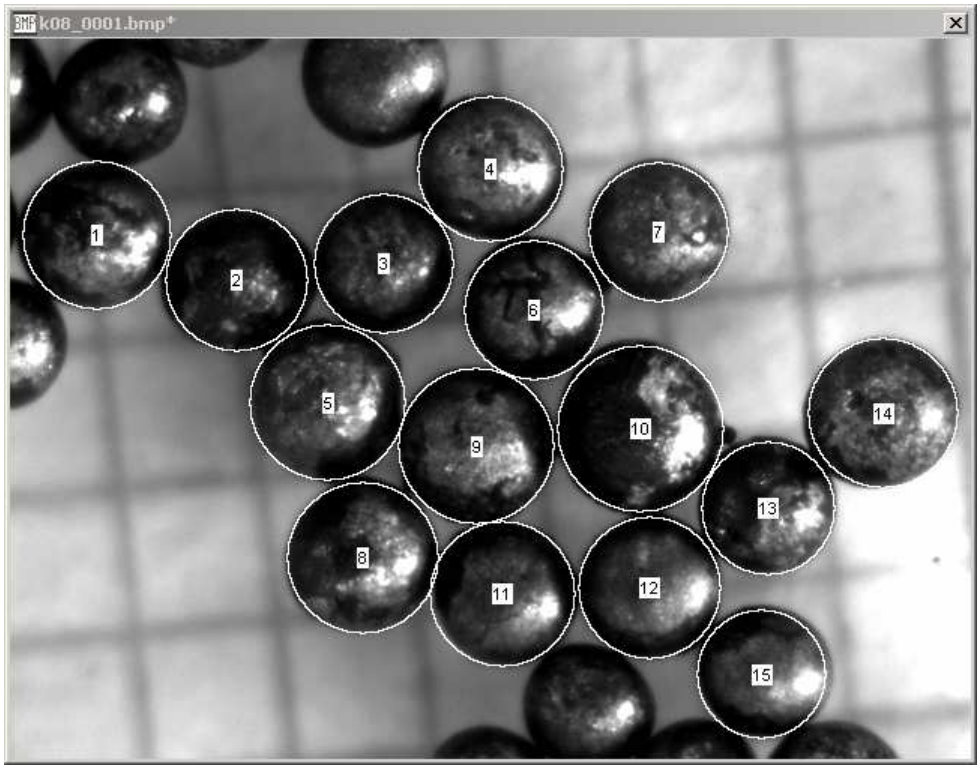


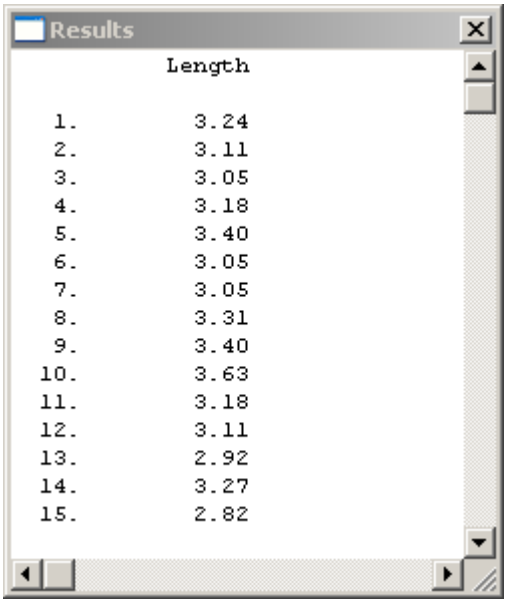

k07_0001.bmp*
1
5
8
2
6
9
3
7
10
11
13
4
12



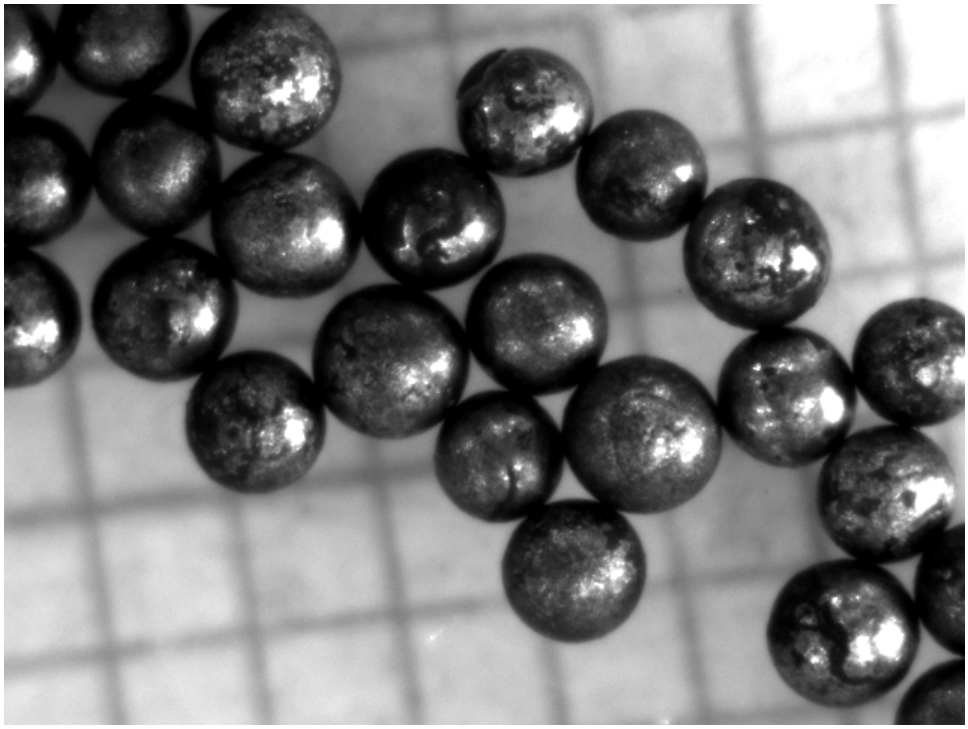
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,400	1,082	3,680
2	2,990	0,952	2,846
3	3,110	0,990	3,079
4	2,890	0,920	2,659
5	3,020	0,961	2,903
6	2,790	0,888	2,478
7	3,240	1,031	3,341
8	3,270	1,041	3,404
9	3,180	1,012	3,219
10	3,150	1,003	3,158
11	3,050	0,971	2,961
12	3,050	0,971	2,961
13	3,080	0,980	3,020

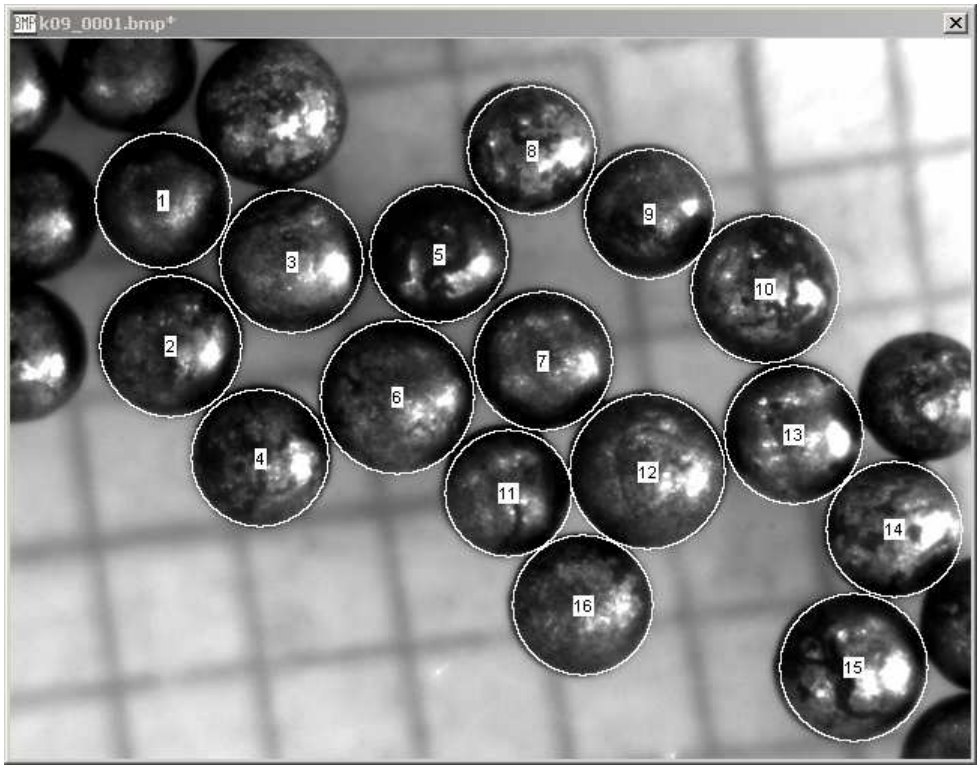


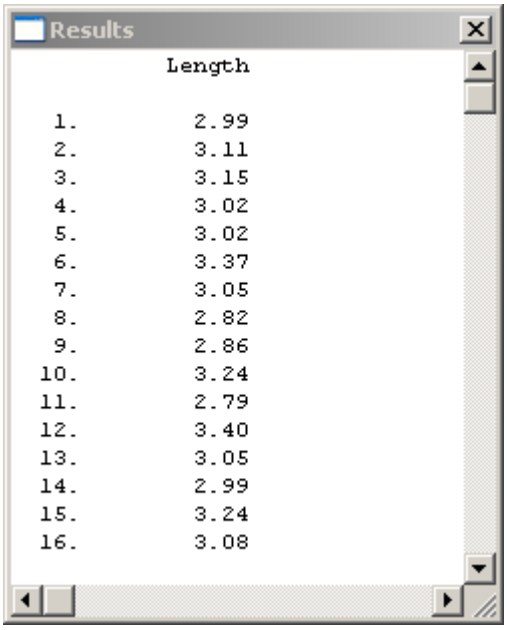

k08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



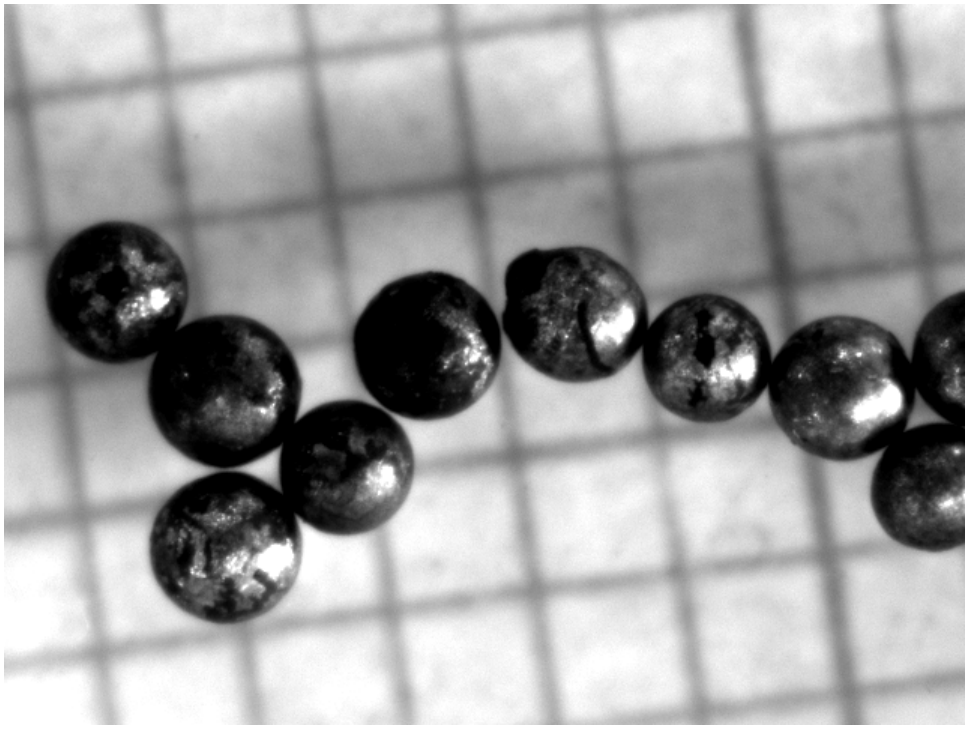
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,240	1,031	3,341
2	3,110	0,990	3,079
3	3,050	0,971	2,961
4	3,180	1,012	3,219
5	3,400	1,082	3,680
6	3,050	0,971	2,961
7	3,050	0,971	2,961
8	3,310	1,054	3,487
9	3,400	1,082	3,680
10	3,630	1,155	4,194
11	3,180	1,012	3,219
12	3,110	0,990	3,079
13	2,920	0,929	2,714
14	3,270	1,041	3,404
15	2,820	0,898	2,531

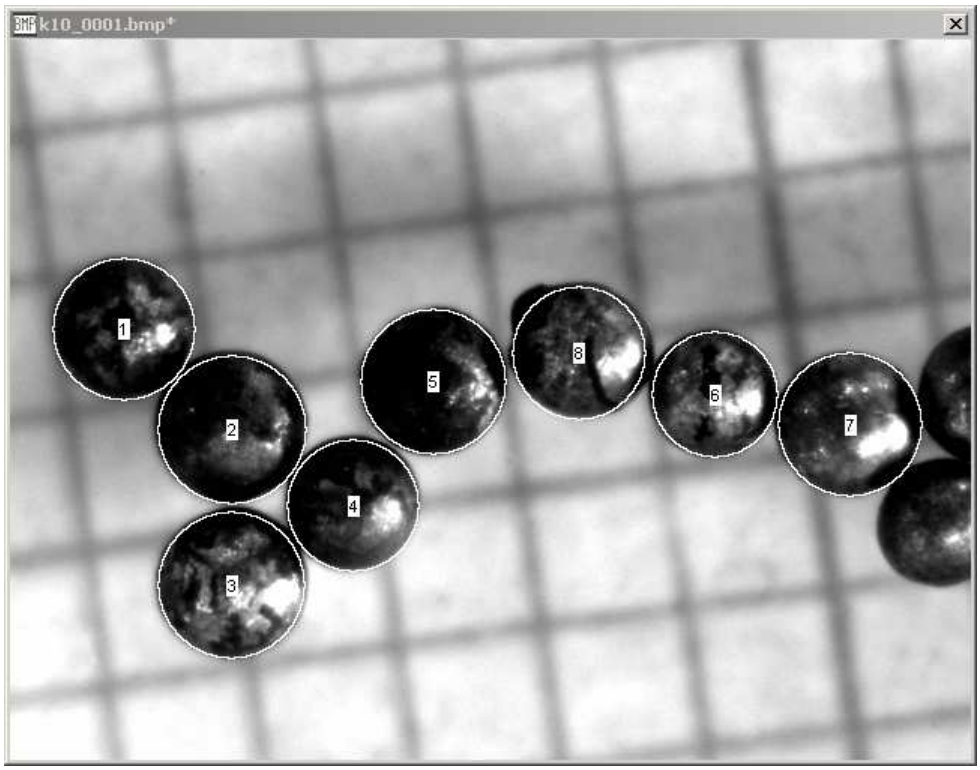


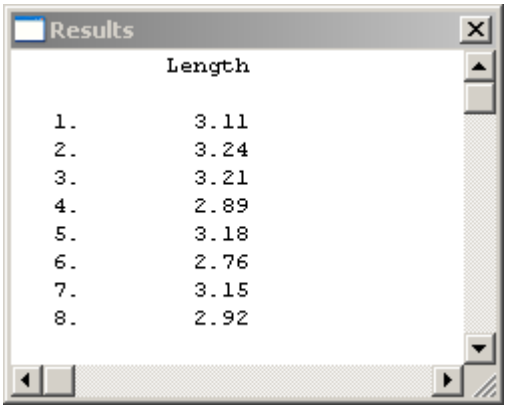

k09_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



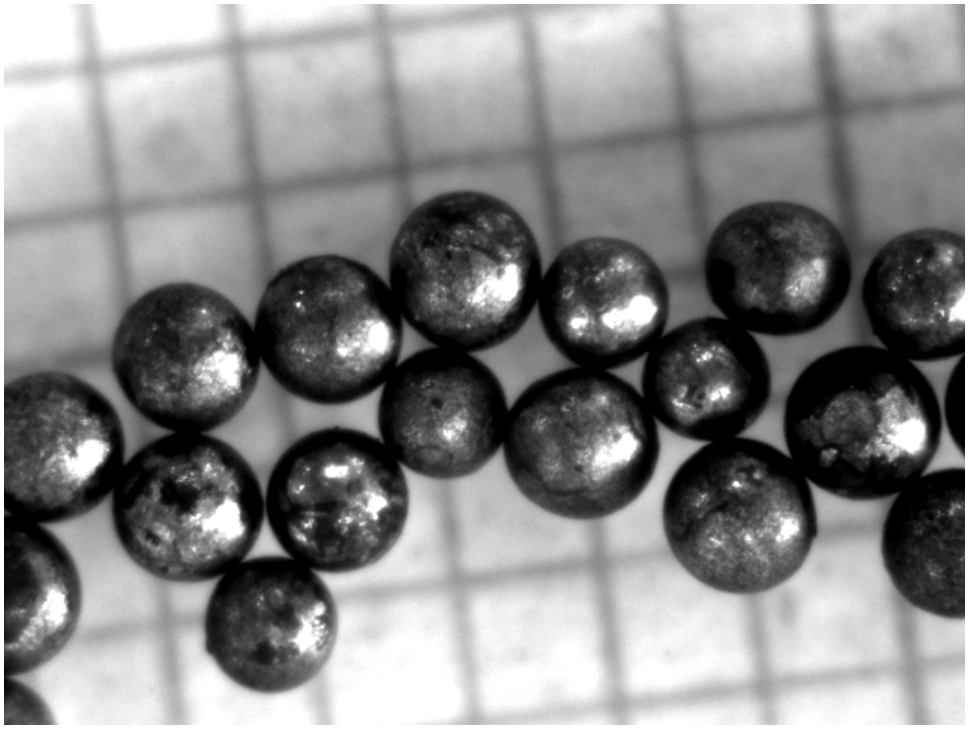
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,990	0,952	2,846
2	3,110	0,990	3,079
3	3,150	1,003	3,158
4	3,020	0,961	2,903
5	3,020	0,961	2,903
6	3,370	1,073	3,615
7	3,050	0,971	2,961
8	2,820	0,898	2,531
9	2,860	0,910	2,604
10	3,240	1,031	3,341
11	2,790	0,888	2,478
12	3,400	1,082	3,680
13	3,050	0,971	2,961
14	2,990	0,952	2,846
15	3,240	1,031	3,341
16	3,080	0,980	3,020

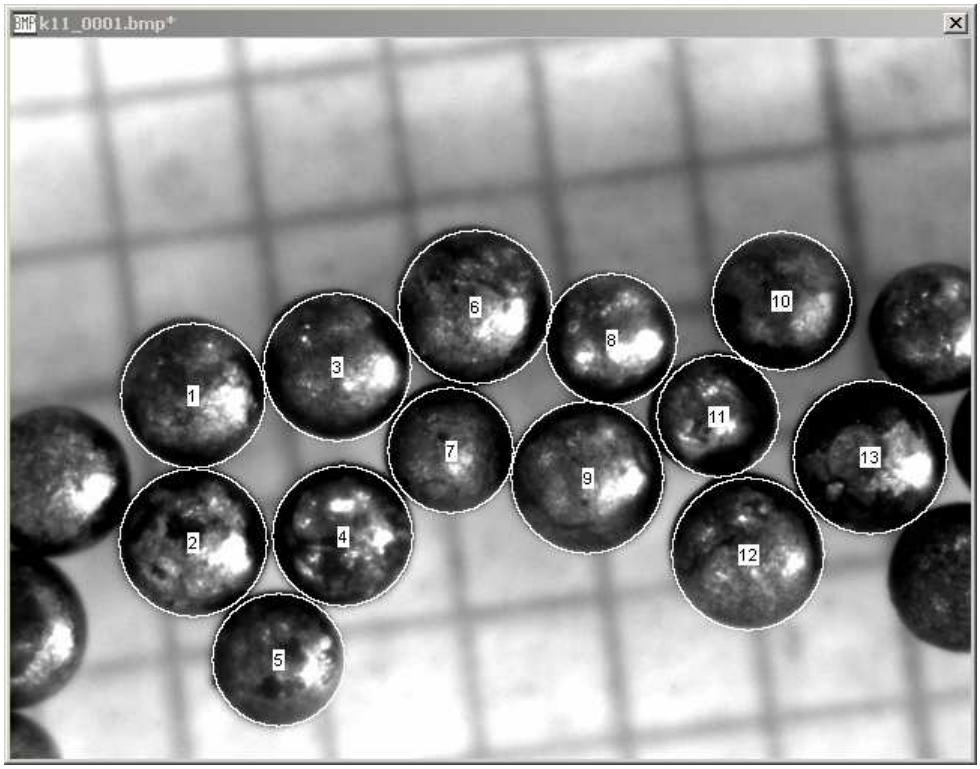


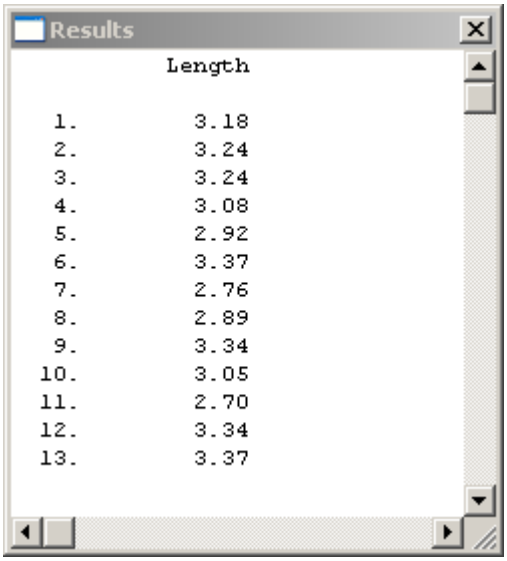

k10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8



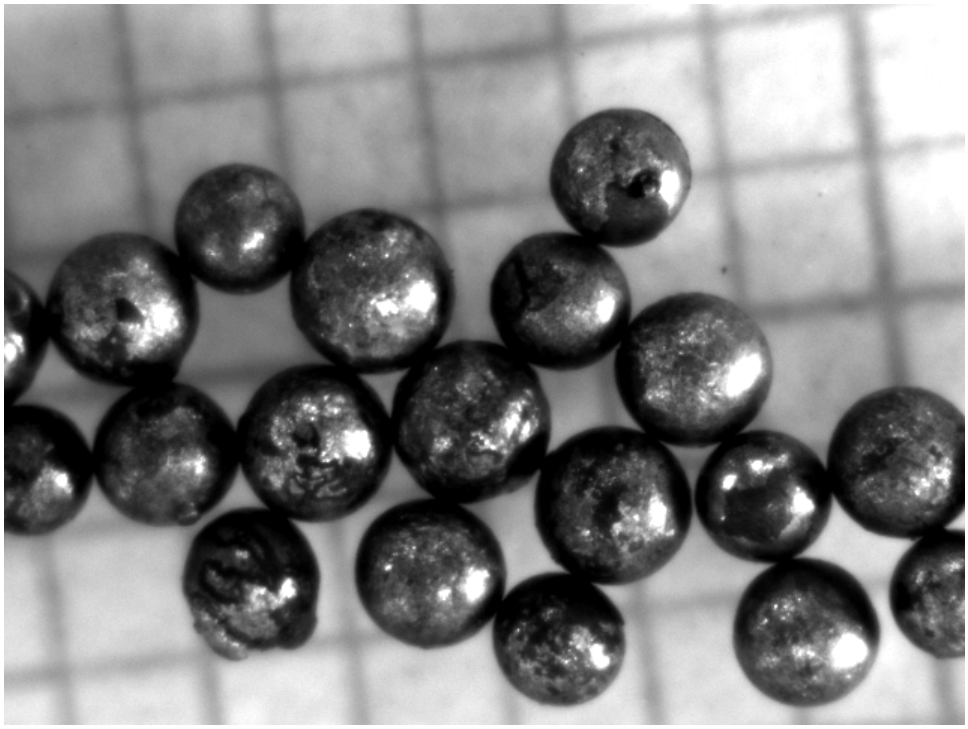
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,110	0,990	3,079
2	3,240	1,031	3,341
3	3,210	1,022	3,280
4	2,890	0,920	2,659
5	3,180	1,012	3,219
6	2,760	0,879	2,425
7	3,150	1,003	3,158
8	2,920	0,929	2,714

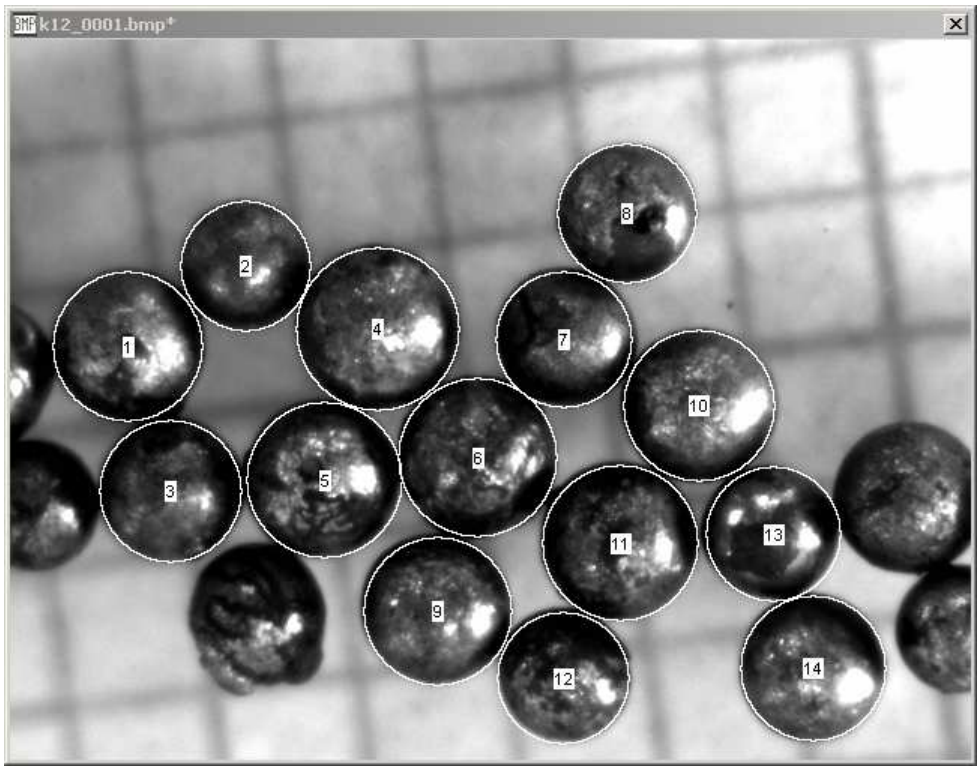


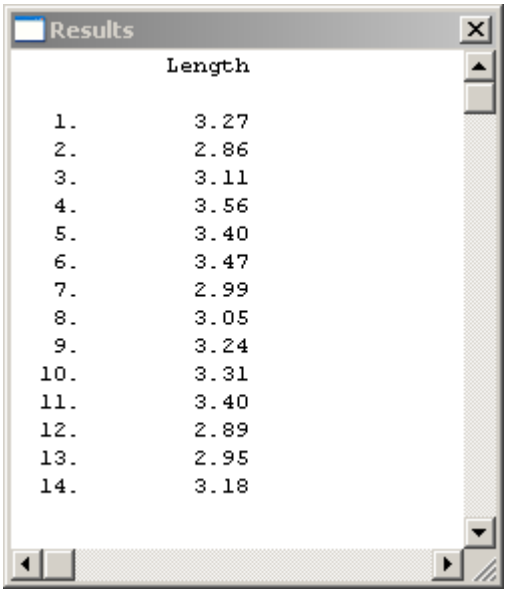

k11_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



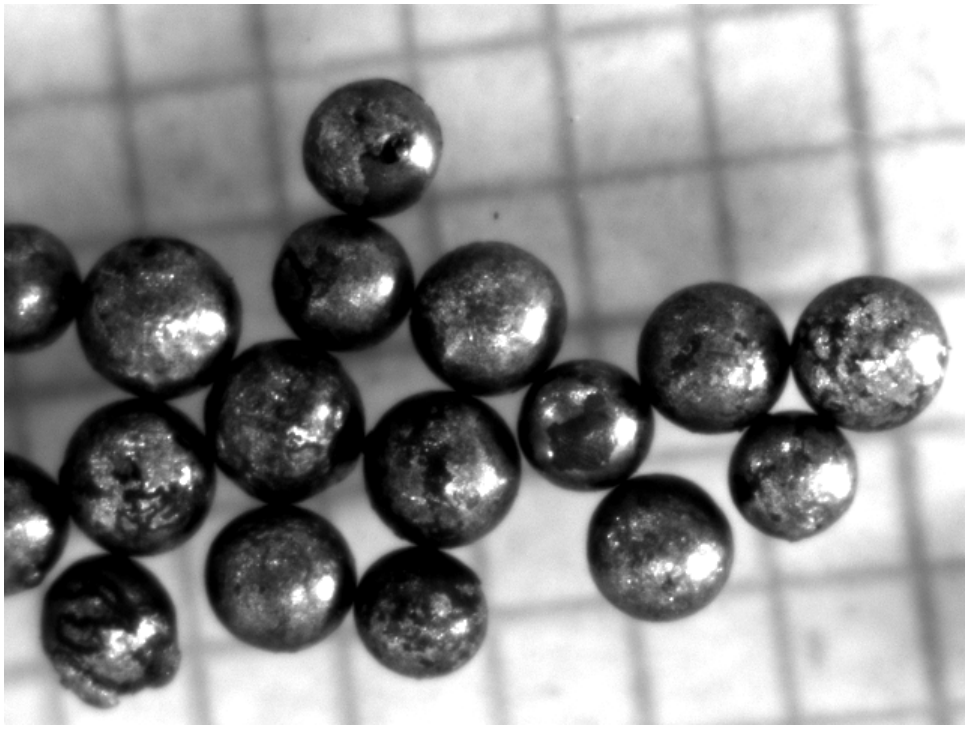
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,180	1,012	3,219
2	3,240	1,031	3,341
3	3,240	1,031	3,341
4	3,080	0,980	3,020
5	2,920	0,929	2,714
6	3,370	1,073	3,615
7	2,760	0,879	2,425
8	2,890	0,920	2,659
9	3,340	1,063	3,551
10	3,050	0,971	2,961
11	2,700	0,859	2,320
12	3,340	1,063	3,551
13	3,370	1,073	3,615

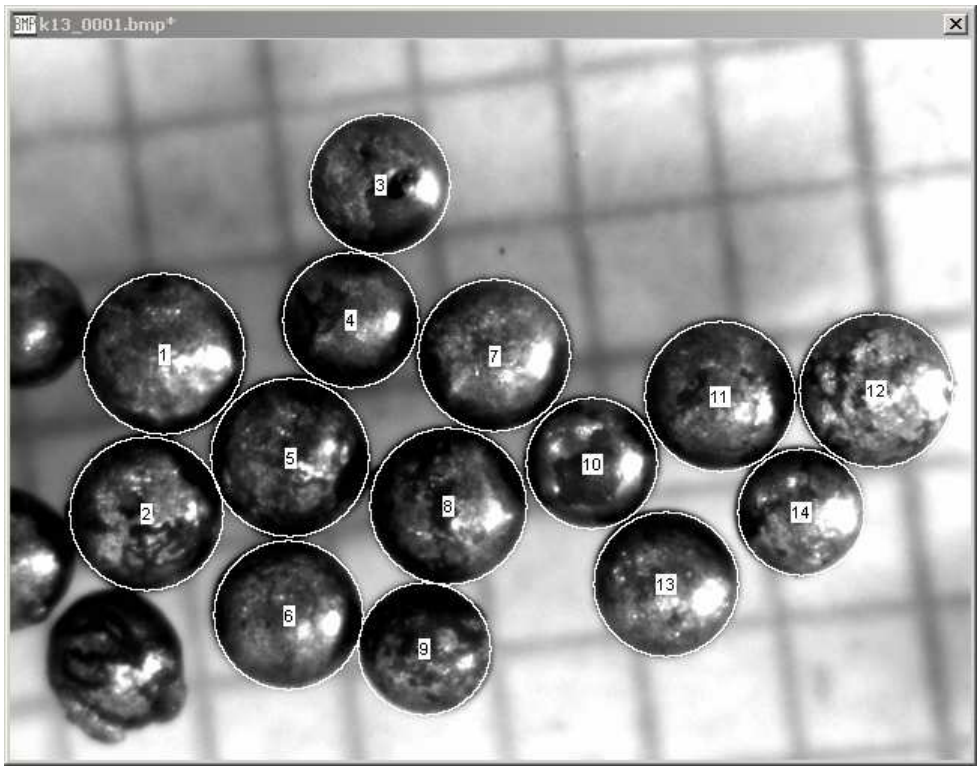


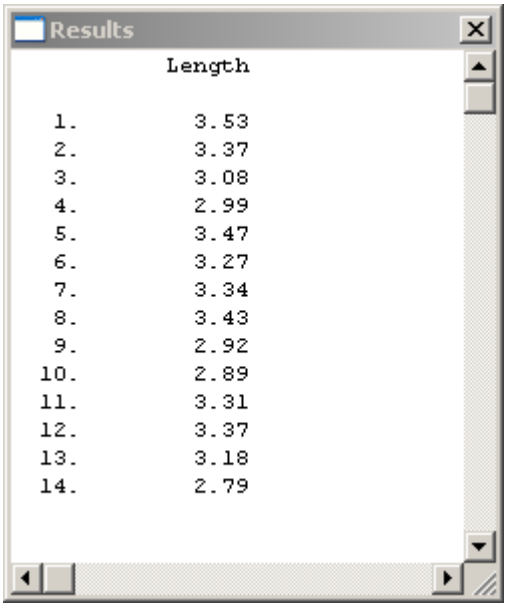

k12_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



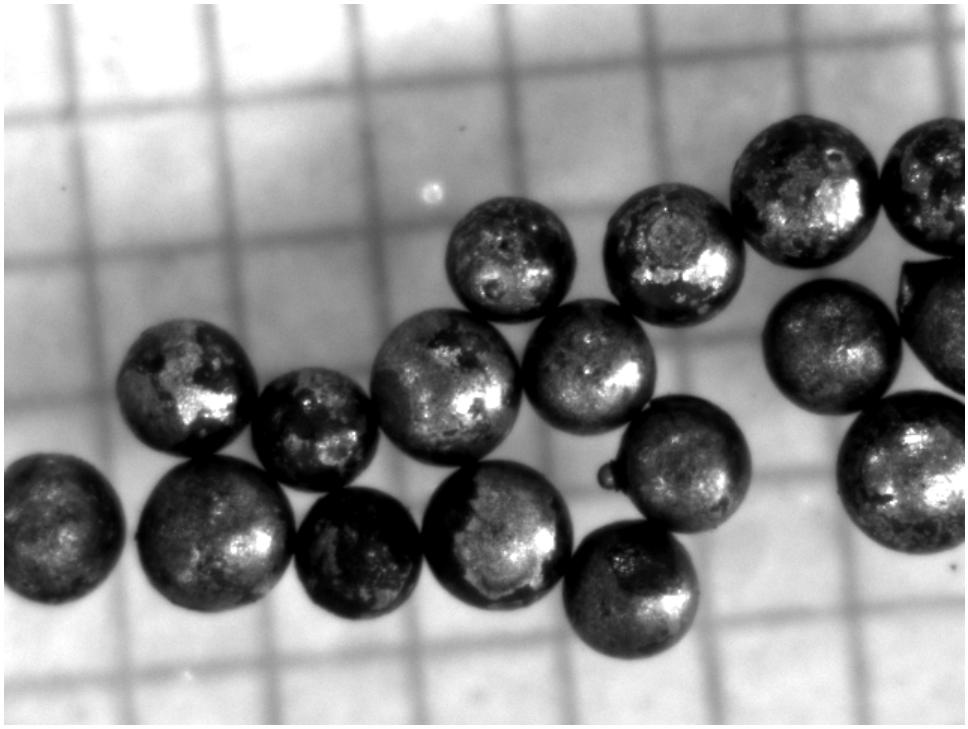
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,270	1,041	3,404
2	2,860	0,910	2,604
3	3,110	0,990	3,079
4	3,560	1,133	4,034
5	3,400	1,082	3,680
6	3,470	1,105	3,833
7	2,990	0,952	2,846
8	3,050	0,971	2,961
9	3,240	1,031	3,341
10	3,310	1,054	3,487
11	3,400	1,082	3,680
12	2,890	0,920	2,659
13	2,950	0,939	2,770
14	3,180	1,012	3,219

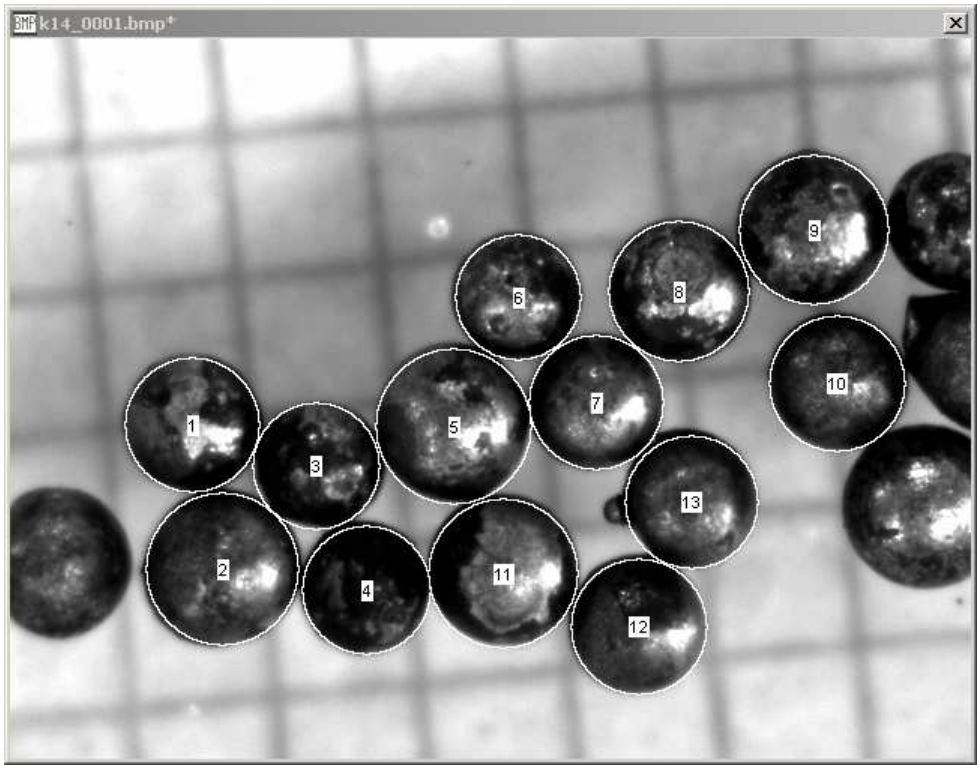


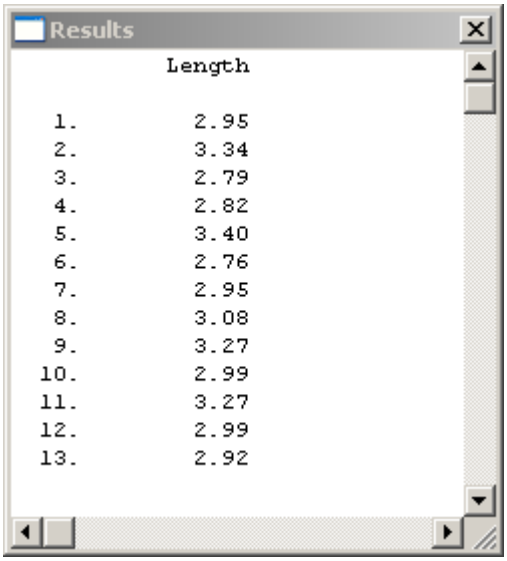

k13_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



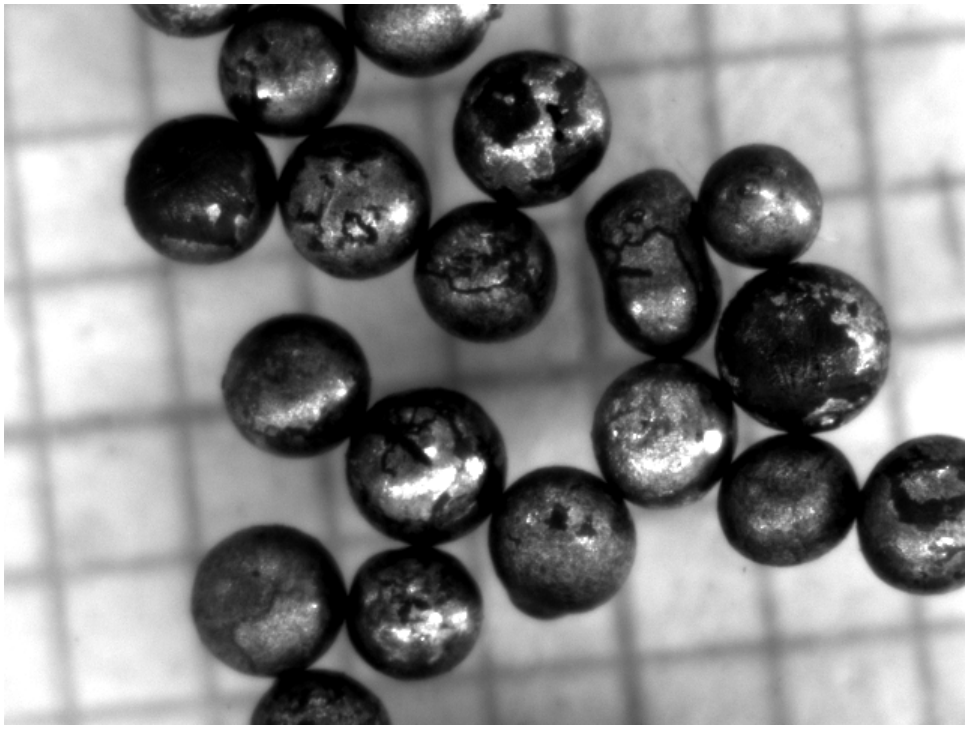
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,530	1,124	3,966
2	3,370	1,073	3,615
3	3,080	0,980	3,020
4	2,990	0,952	2,846
5	3,470	1,105	3,833
6	3,270	1,041	3,404
7	3,340	1,063	3,551
8	3,430	1,092	3,745
9	2,920	0,929	2,714
10	2,890	0,920	2,659
11	3,310	1,054	3,487
12	3,370	1,073	3,615
13	3,180	1,012	3,219
14	2,790	0,888	2,478

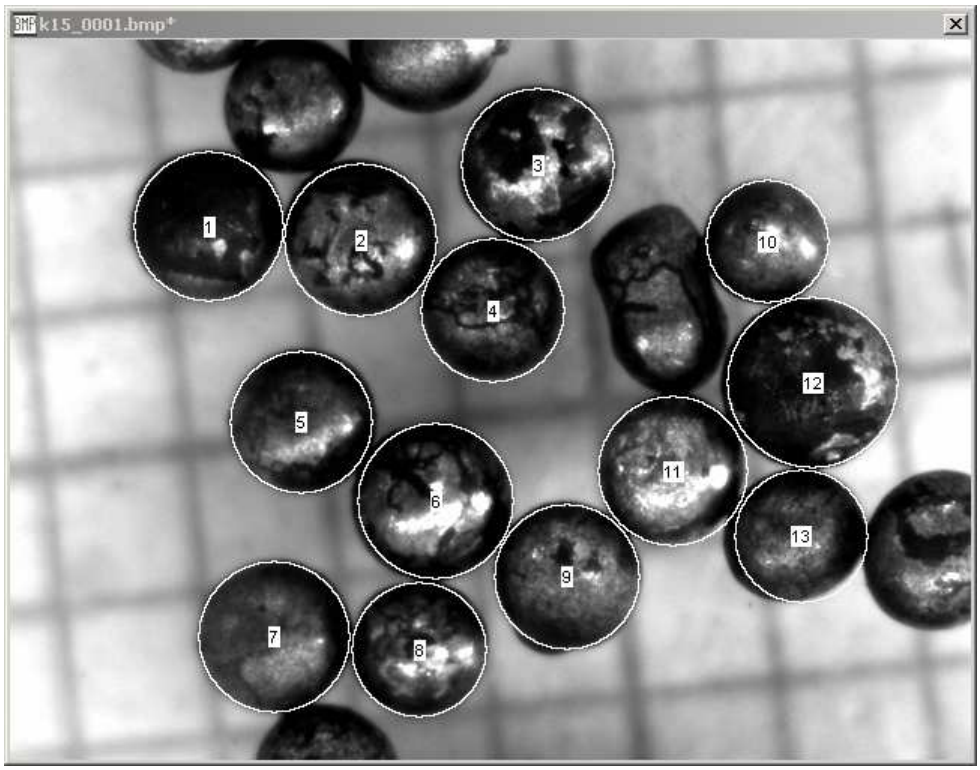


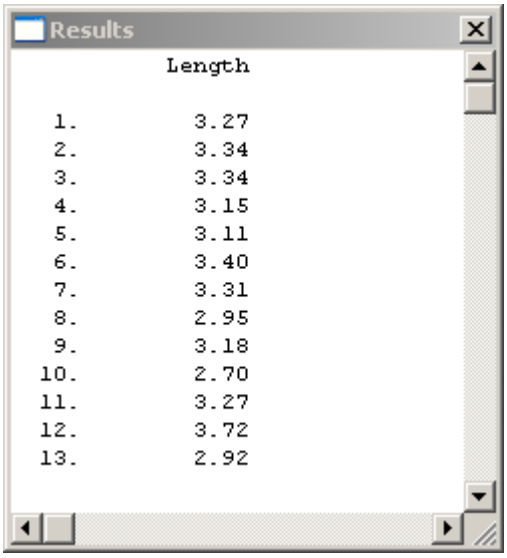

k14_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,950	0,939	2,770
2	3,340	1,063	3,551
3	2,790	0,888	2,478
4	2,820	0,898	2,531
5	3,400	1,082	3,680
6	2,760	0,879	2,425
7	2,950	0,939	2,770
8	3,080	0,980	3,020
9	3,270	1,041	3,404
10	2,990	0,952	2,846
11	3,270	1,041	3,404
12	2,990	0,952	2,846
13	2,920	0,929	2,714

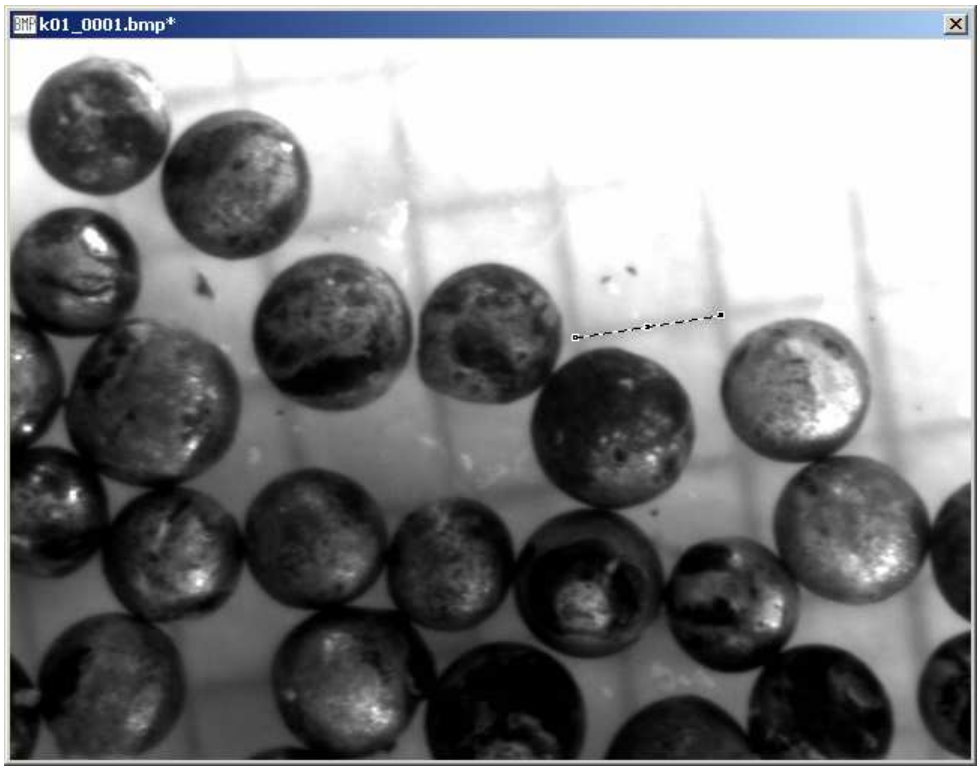


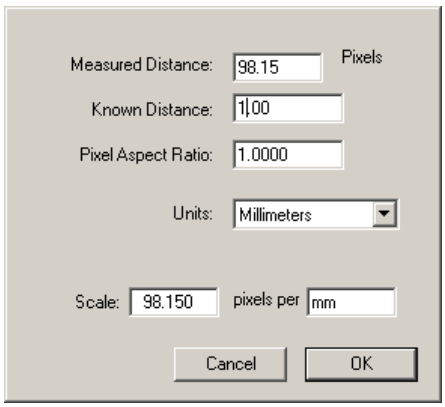

k15_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

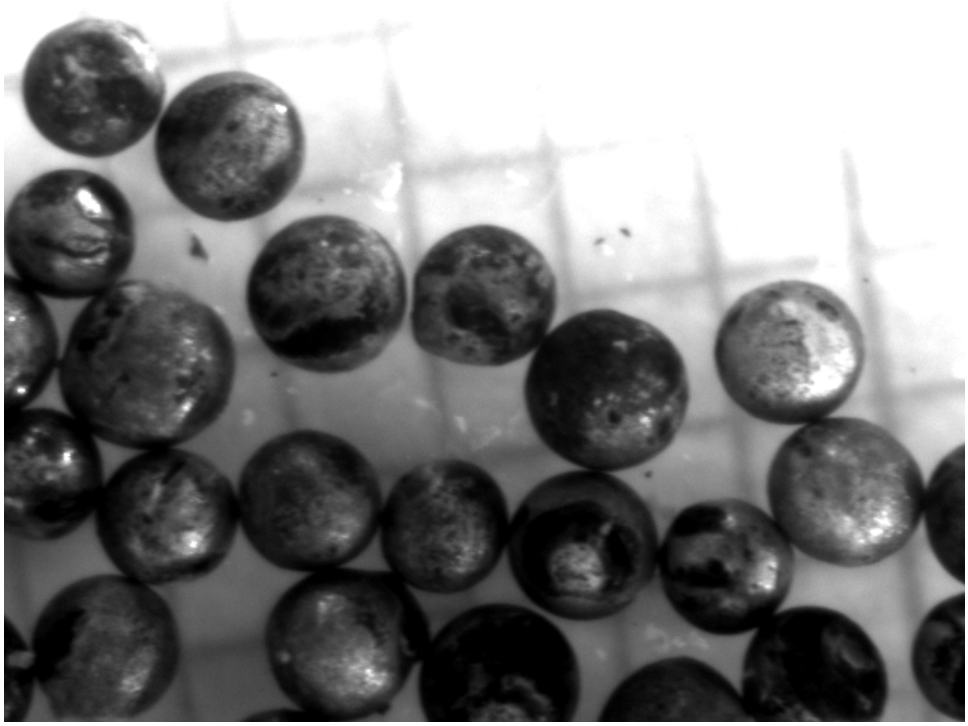


	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,270	1,041	3,404
2	3,340	1,063	3,551
3	3,340	1,063	3,551
4	3,150	1,003	3,158
5	3,110	0,990	3,079
6	3,400	1,082	3,680
7	3,310	1,054	3,487
8	2,950	0,939	2,770
9	3,180	1,012	3,219
10	2,700	0,859	2,320
11	3,270	1,041	3,404
12	3,720	1,184	4,405
13	2,920	0,929	2,714

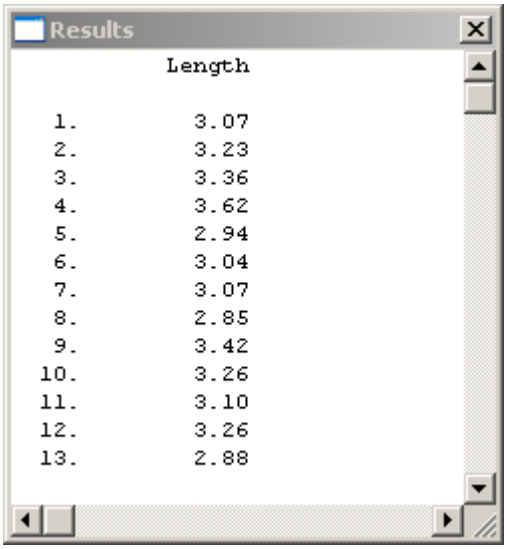
D.3.2 DIA 3 (24-ABRIL-2009)



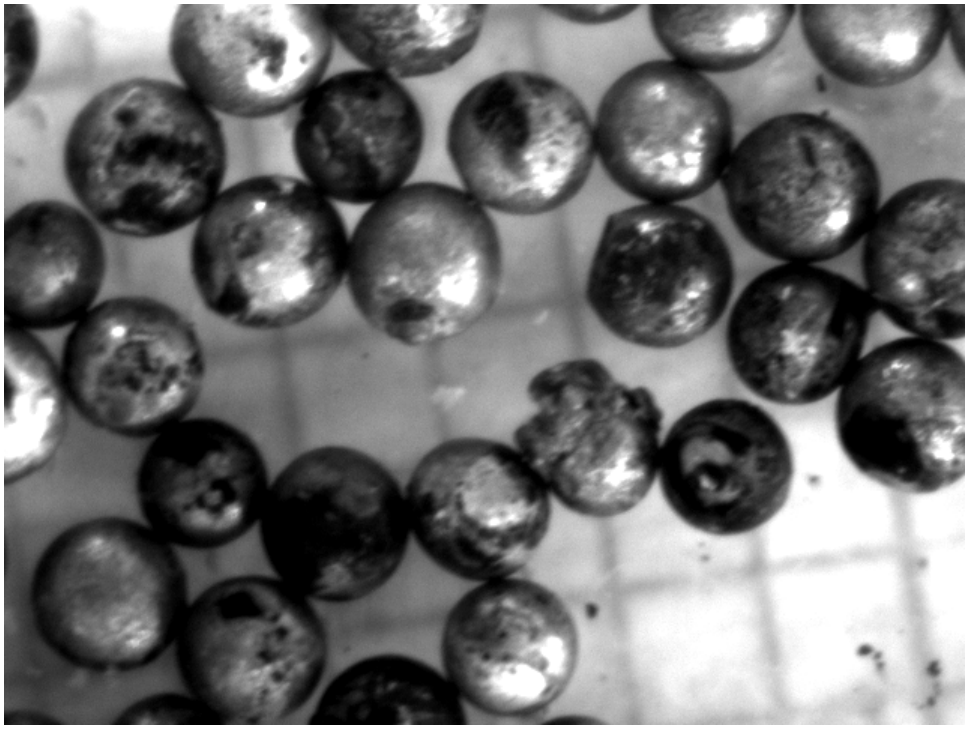


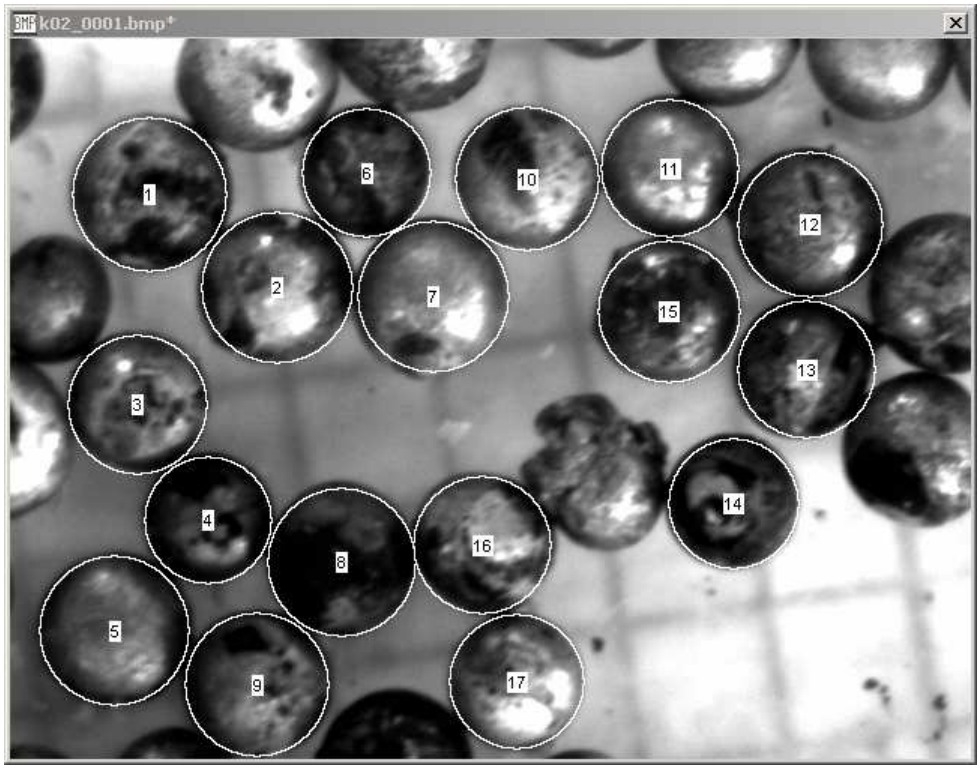


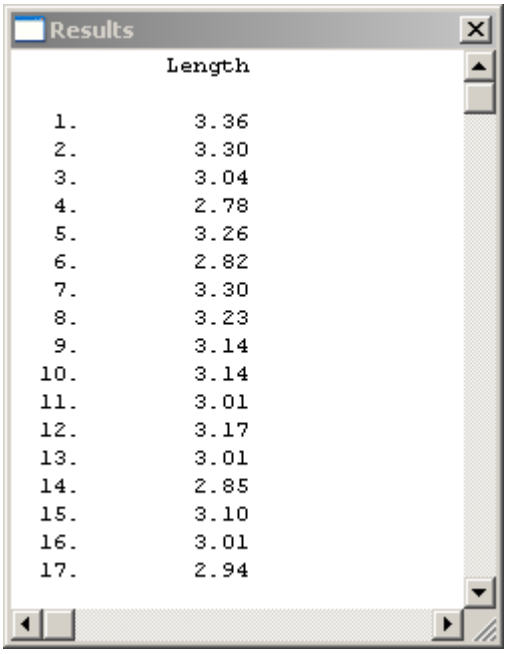

k01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



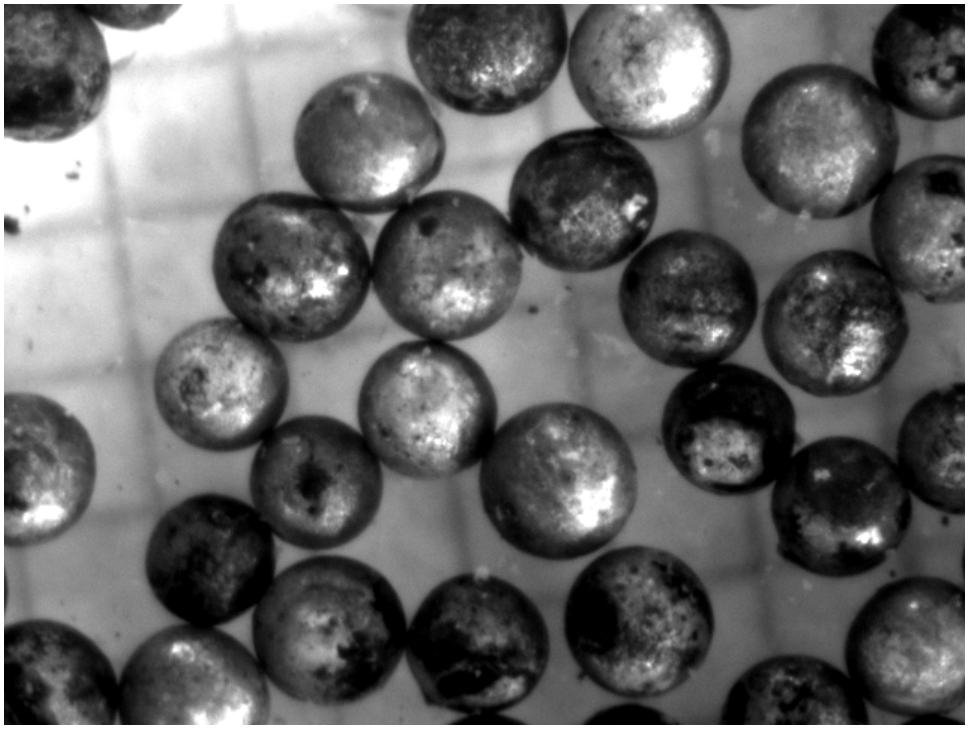
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,070	0,977	3,000
2	3,230	1,028	3,321
3	3,360	1,070	3,594
4	3,620	1,152	4,171
5	2,940	0,936	2,751
6	3,040	0,968	2,942
7	3,070	0,977	3,000
8	2,850	0,907	2,585
9	3,420	1,089	3,723
10	3,260	1,038	3,383
11	3,100	0,987	3,059
12	3,260	1,038	3,383
13	2,880	0,917	2,640

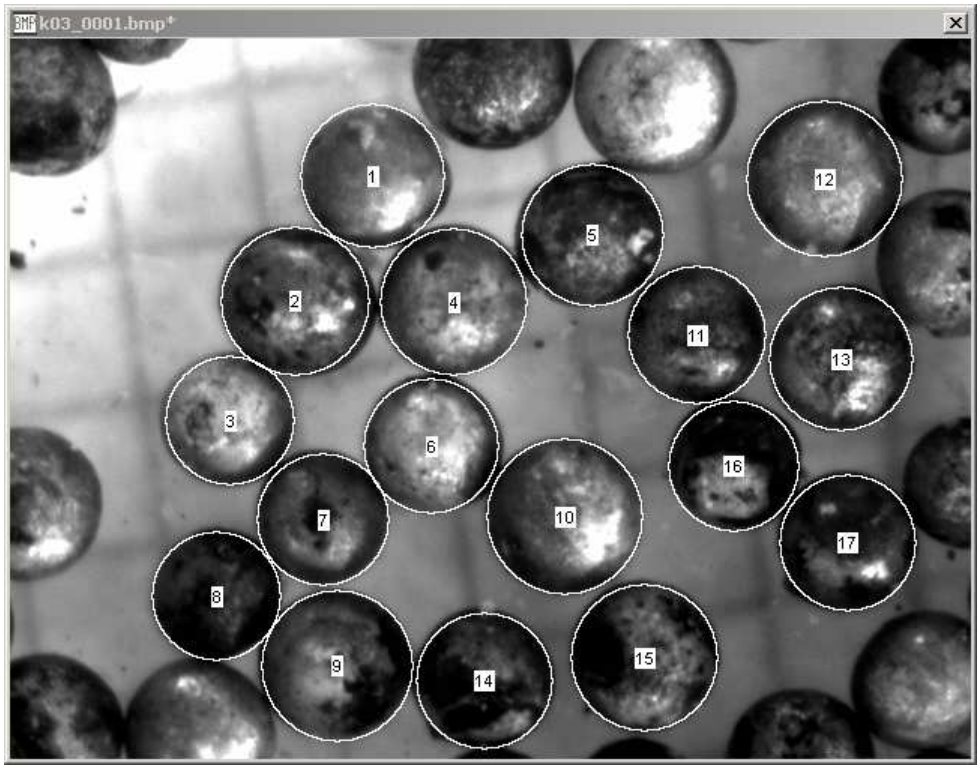


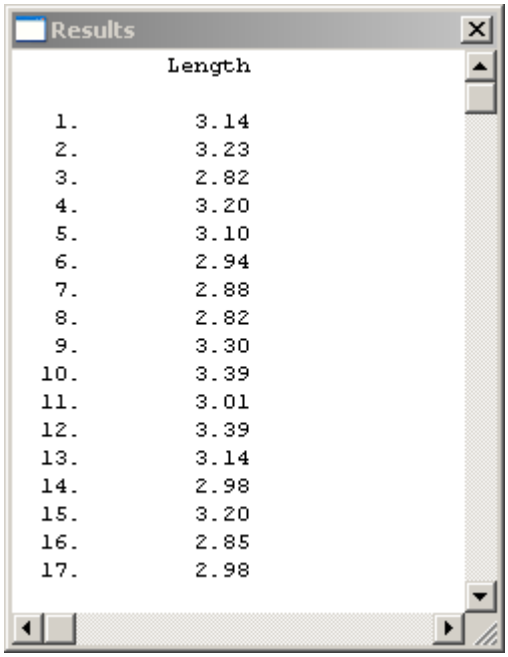

k02_0001.bmp*
1
6
10
11
12
2
7
15
13
3
4
14
16
8
5
9
17



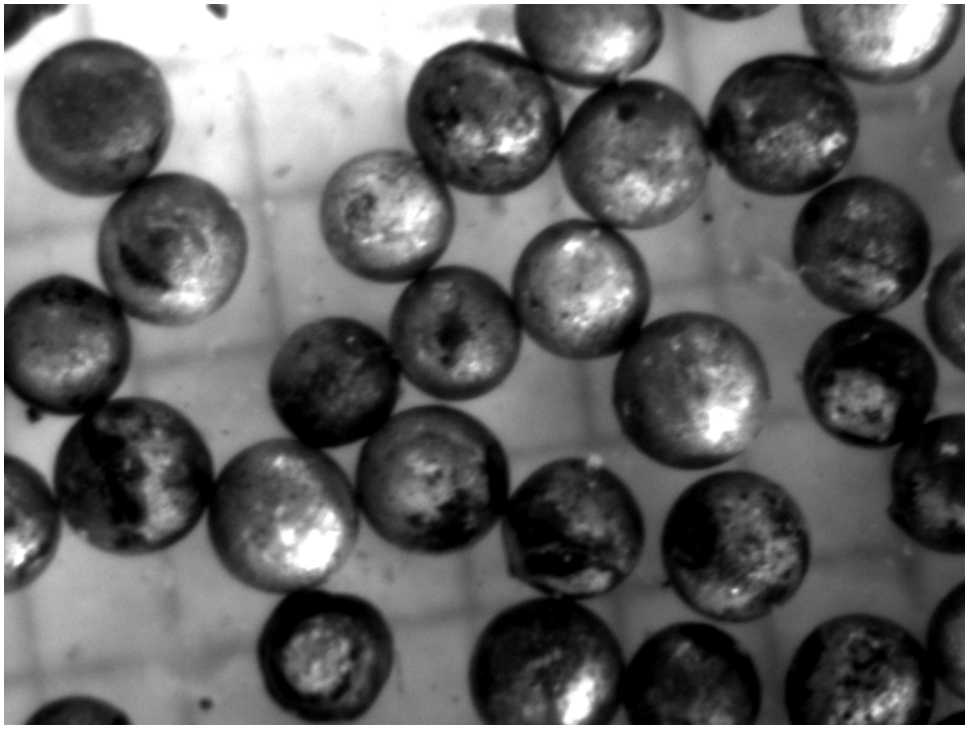
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,360	1,070	3,594
2	3,300	1,050	3,466
3	3,040	0,968	2,942
4	2,780	0,885	2,460
5	3,260	1,038	3,383
6	2,820	0,898	2,531
7	3,300	1,050	3,466
8	3,230	1,028	3,321
9	3,140	0,999	3,138
10	3,140	0,999	3,138
11	3,010	0,958	2,884
12	3,170	1,009	3,199
13	3,010	0,958	2,884
14	2,850	0,907	2,585
15	3,100	0,987	3,059
16	3,010	0,958	2,884
17	2,940	0,936	2,751



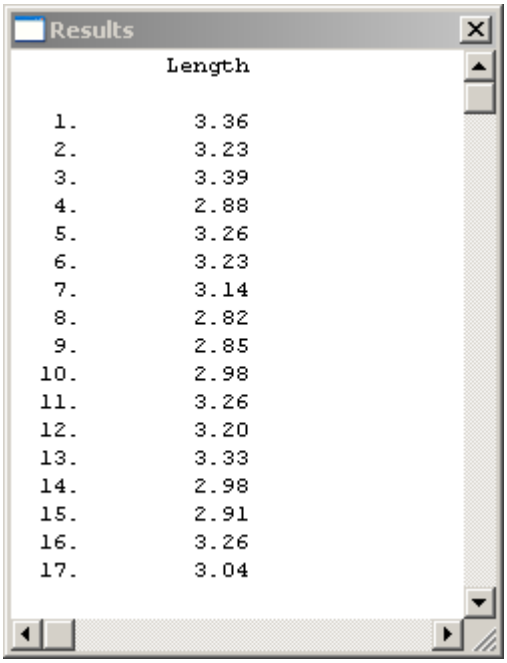

k03_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



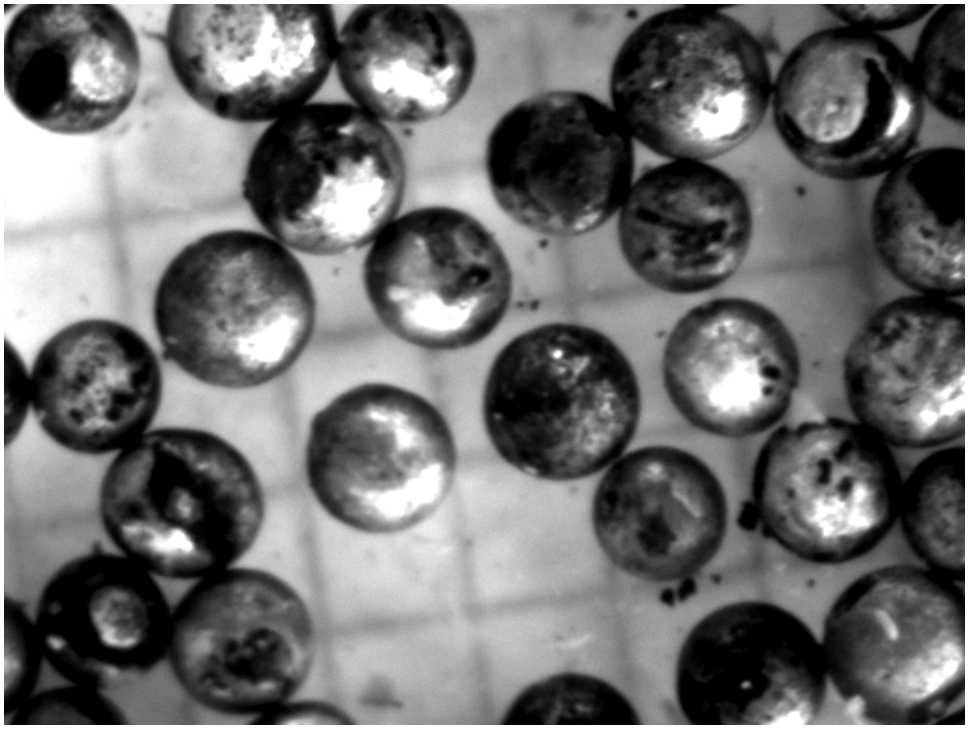
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,140	0,999	3,138
2	3,230	1,028	3,321
3	2,820	0,898	2,531
4	3,200	1,019	3,259
5	3,100	0,987	3,059
6	2,940	0,936	2,751
7	2,880	0,917	2,640
8	2,820	0,898	2,531
9	3,300	1,050	3,466
10	3,390	1,079	3,658
11	3,010	0,958	2,884
12	3,390	1,079	3,658
13	3,140	0,999	3,138
14	2,980	0,949	2,827
15	3,200	1,019	3,259
16	2,850	0,907	2,585
17	2,980	0,949	2,827



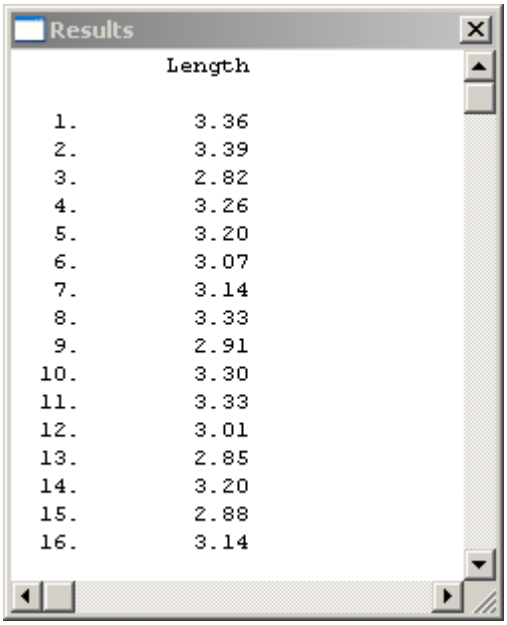

k04_0001.bmp*
1
5
6
7
4
2
14
10
9
8
13
15
3
12
11
17
16



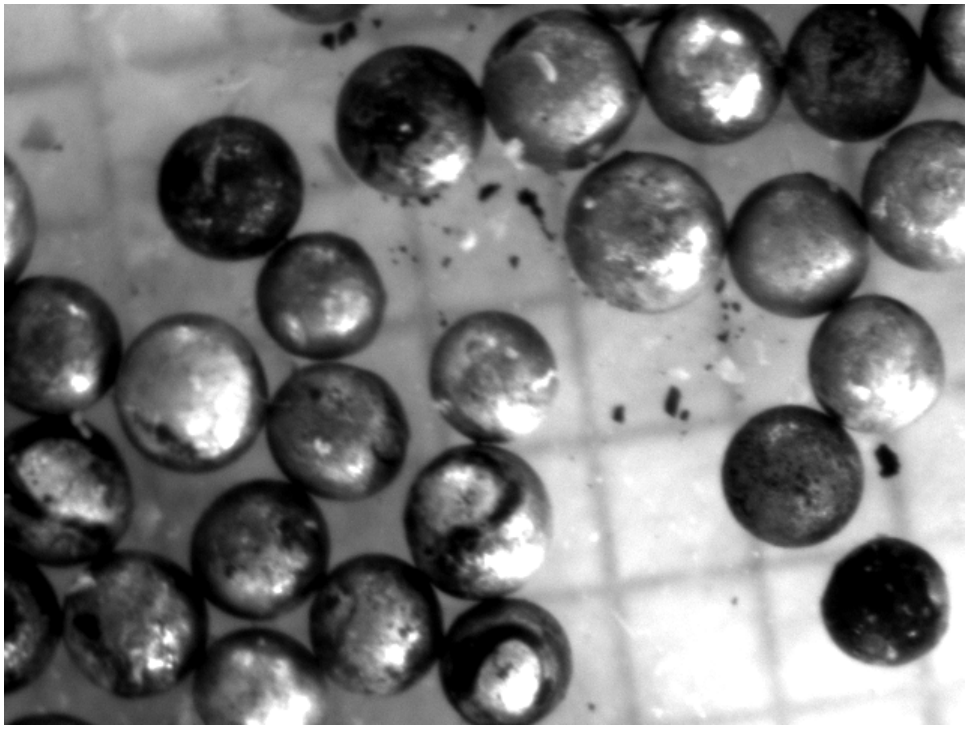
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,360	1,070	3,594
2	3,230	1,028	3,321
3	3,390	1,079	3,658
4	2,880	0,917	2,640
5	3,260	1,038	3,383
6	3,230	1,028	3,321
7	3,140	0,999	3,138
8	2,820	0,898	2,531
9	2,850	0,907	2,585
10	2,980	0,949	2,827
11	3,260	1,038	3,383
12	3,200	1,019	3,259
13	3,330	1,060	3,530
14	2,980	0,949	2,827
15	2,910	0,926	2,695
16	3,260	1,038	3,383
17	3,040	0,968	2,942



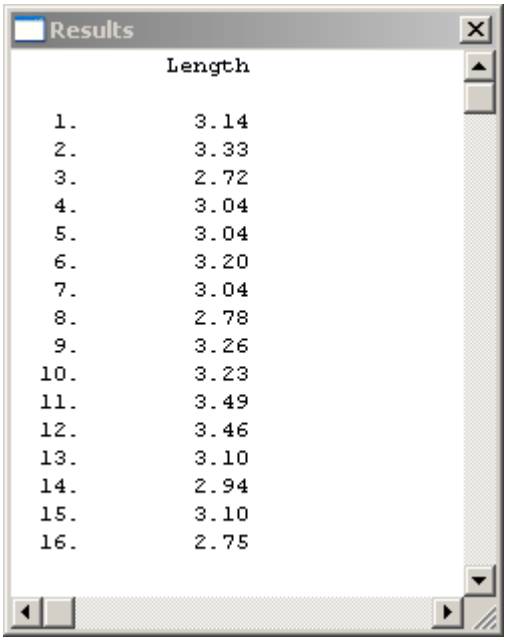

k05_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



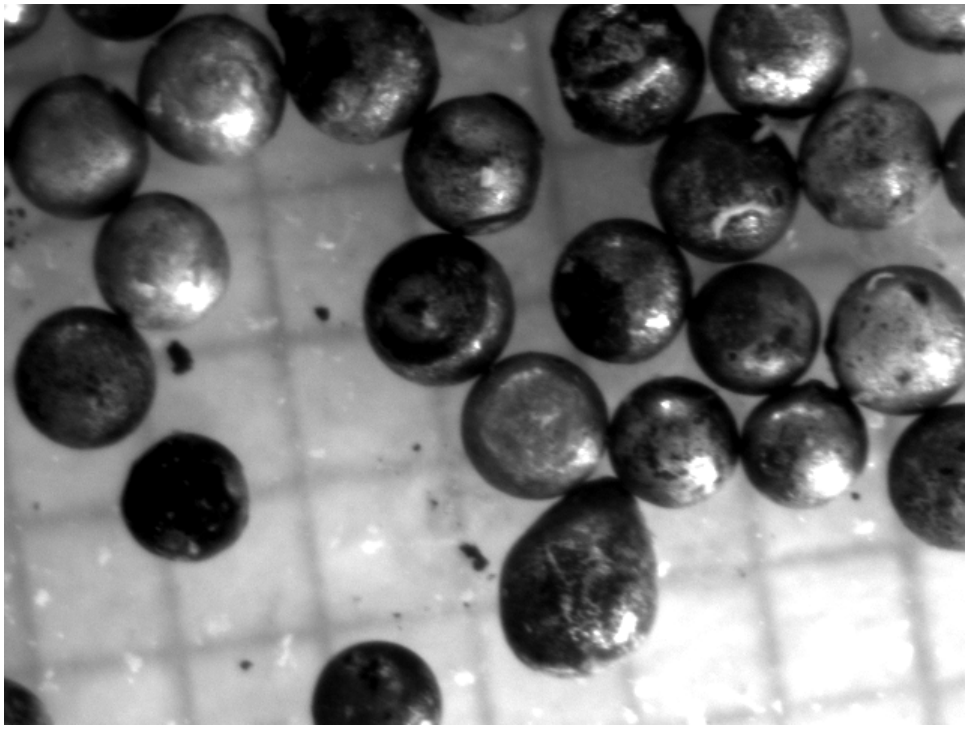
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,360	1,070	3,594
2	3,390	1,079	3,658
3	2,820	0,898	2,531
4	3,260	1,038	3,383
5	3,200	1,019	3,259
6	3,070	0,977	3,000
7	3,140	0,999	3,138
8	3,330	1,060	3,530
9	2,910	0,926	2,695
10	3,300	1,050	3,466
11	3,330	1,060	3,530
12	3,010	0,958	2,884
13	2,850	0,907	2,585
14	3,200	1,019	3,259
15	2,880	0,917	2,640
16	3,140	0,999	3,138



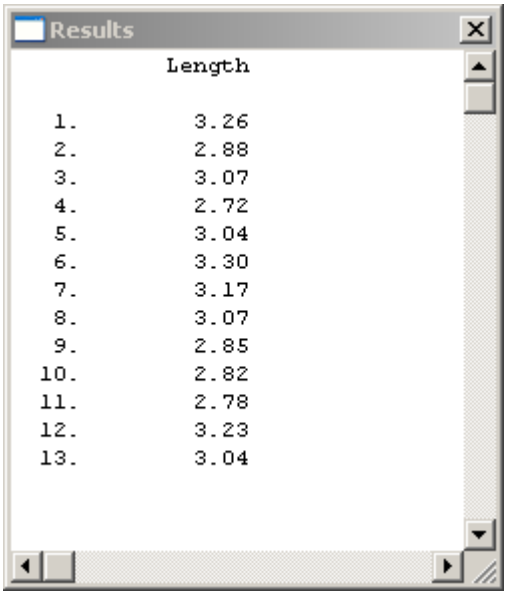

k06_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



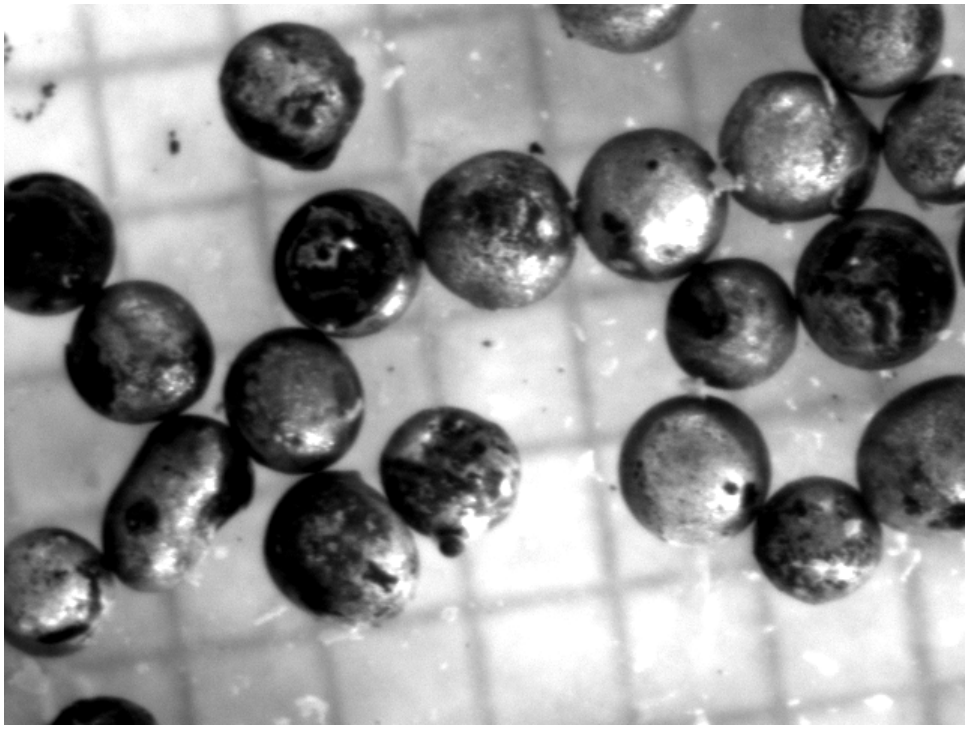
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,140	0,999	3,138
2	3,330	1,060	3,530
3	2,720	0,866	2,355
4	3,040	0,968	2,942
5	3,040	0,968	2,942
6	3,200	1,019	3,259
7	3,040	0,968	2,942
8	2,780	0,885	2,460
9	3,260	1,038	3,383
10	3,230	1,028	3,321
11	3,490	1,111	3,877
12	3,460	1,101	3,811
13	3,100	0,987	3,059
14	2,940	0,936	2,751
15	3,100	0,987	3,059
16	2,750	0,875	2,407



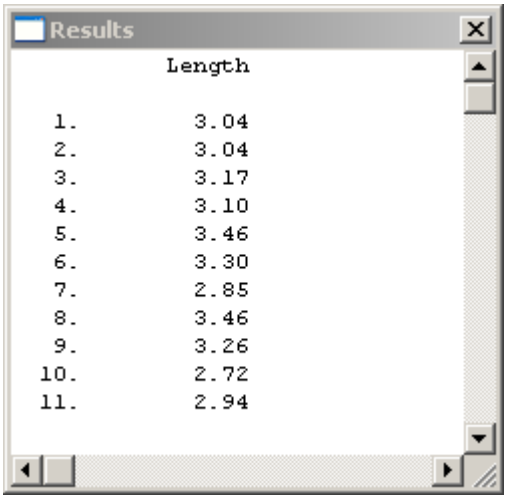

k07_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



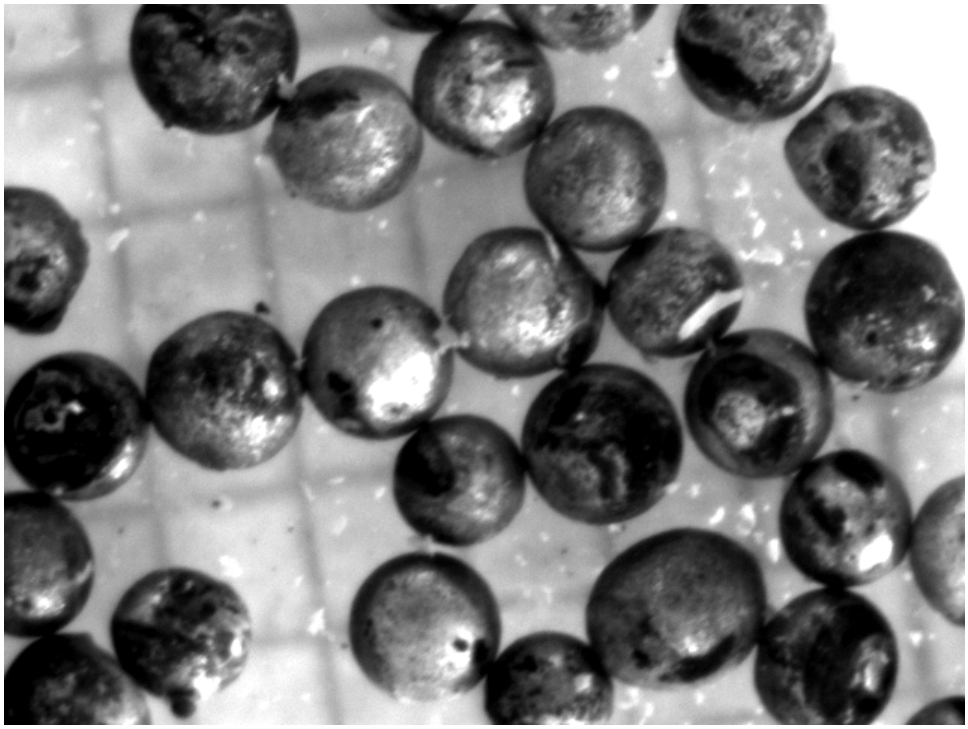
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,260	1,038	3,383
2	2,880	0,917	2,640
3	3,070	0,977	3,000
4	2,720	0,866	2,355
5	3,040	0,968	2,942
6	3,300	1,050	3,466
7	3,170	1,009	3,199
8	3,070	0,977	3,000
9	2,850	0,907	2,585
10	2,820	0,898	2,531
11	2,780	0,885	2,460
12	3,230	1,028	3,321
13	3,040	0,968	2,942



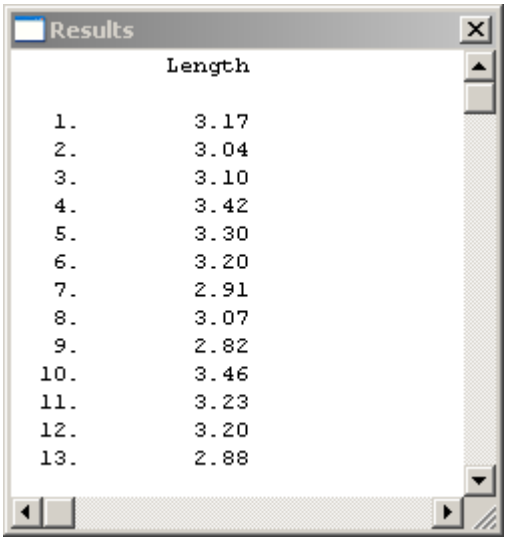

k08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11



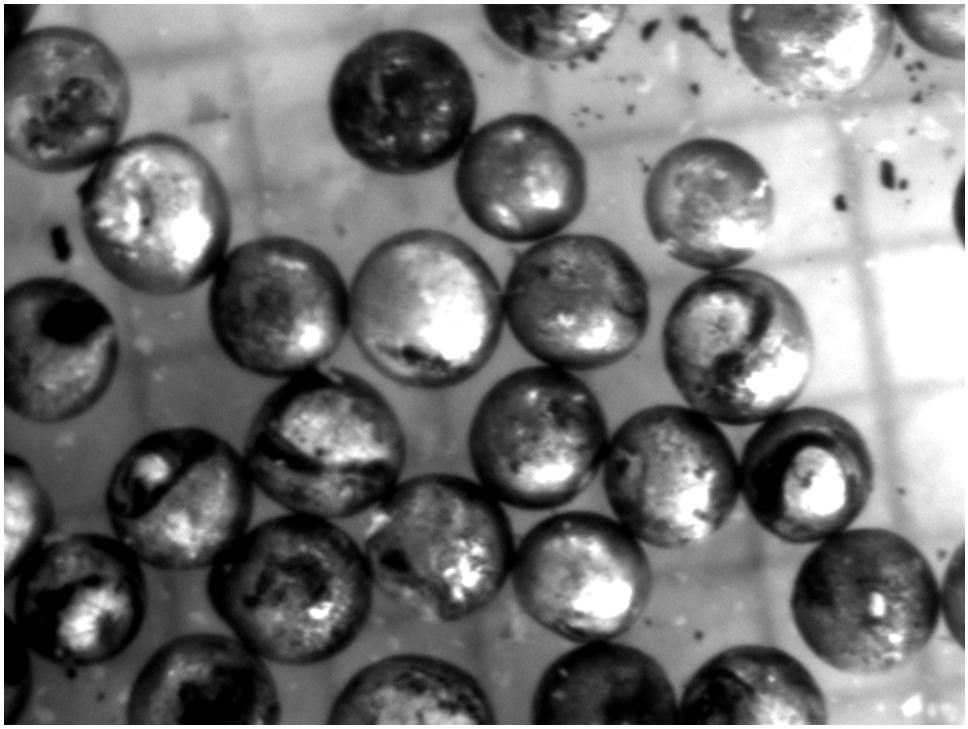
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,040	0,968	2,942
2	3,040	0,968	2,942
3	3,170	1,009	3,199
4	3,100	0,987	3,059
5	3,460	1,101	3,811
6	3,300	1,050	3,466
7	2,850	0,907	2,585
8	3,460	1,101	3,811
9	3,260	1,038	3,383
10	2,720	0,866	2,355
11	2,940	0,936	2,751



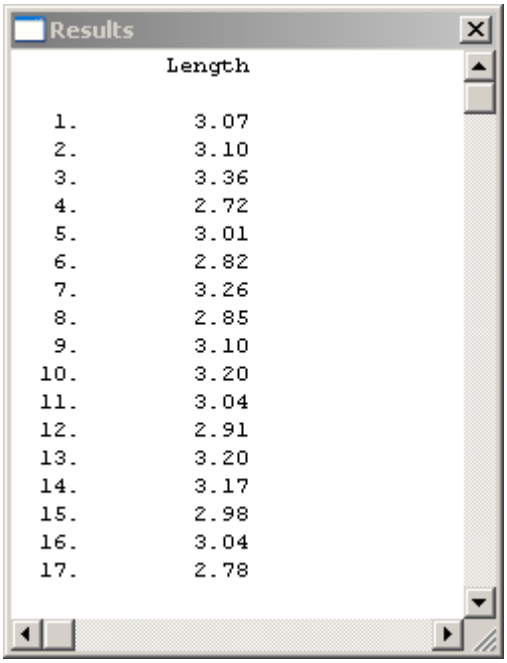

k09_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



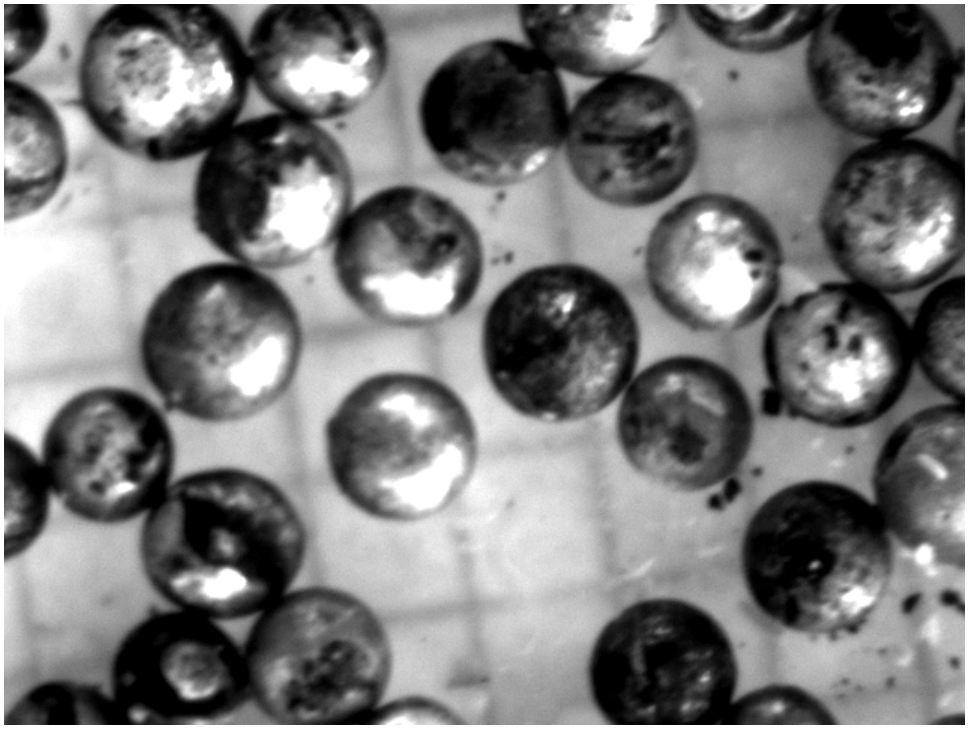
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,170	1,009	3,199
2	3,040	0,968	2,942
3	3,100	0,987	3,059
4	3,420	1,089	3,723
5	3,300	1,050	3,466
6	3,200	1,019	3,259
7	2,910	0,926	2,695
8	3,070	0,977	3,000
9	2,820	0,898	2,531
10	3,460	1,101	3,811
11	3,230	1,028	3,321
12	3,200	1,019	3,259
13	2,880	0,917	2,640



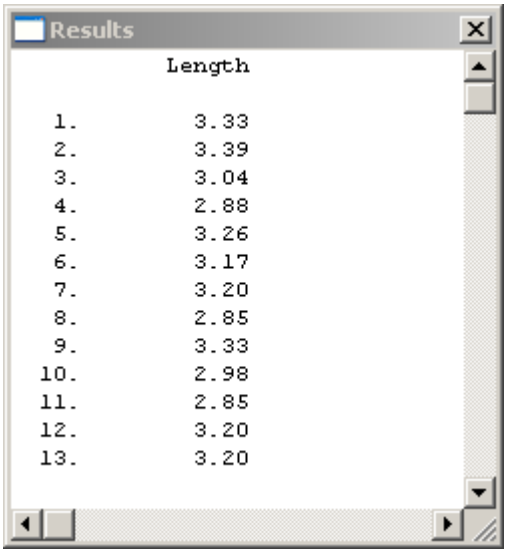

k10_0001.bmp*
1
4
6
2
3
5
7
10
15
16
8
11
14
17
12
13
9



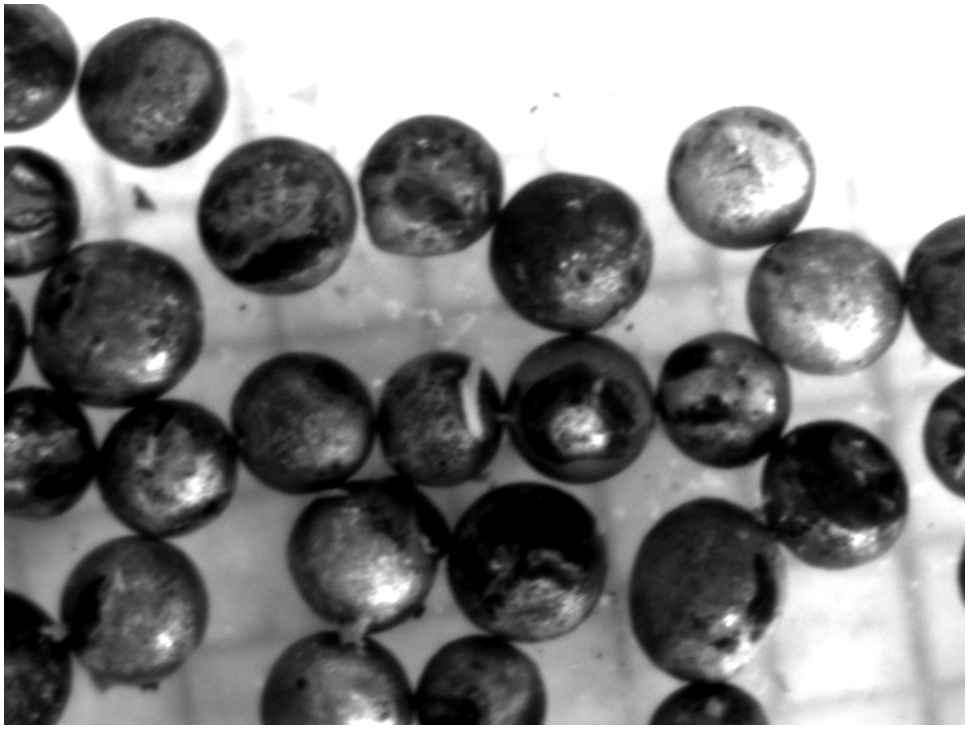
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,070	0,977	3,000
2	3,100	0,987	3,059
3	3,360	1,070	3,594
4	2,720	0,866	2,355
5	3,010	0,958	2,884
6	2,820	0,898	2,531
7	3,260	1,038	3,383
8	2,850	0,907	2,585
9	3,100	0,987	3,059
10	3,200	1,019	3,259
11	3,040	0,968	2,942
12	2,910	0,926	2,695
13	3,200	1,019	3,259
14	3,170	1,009	3,199
15	2,980	0,949	2,827
16	3,040	0,968	2,942
17	2,780	0,885	2,460



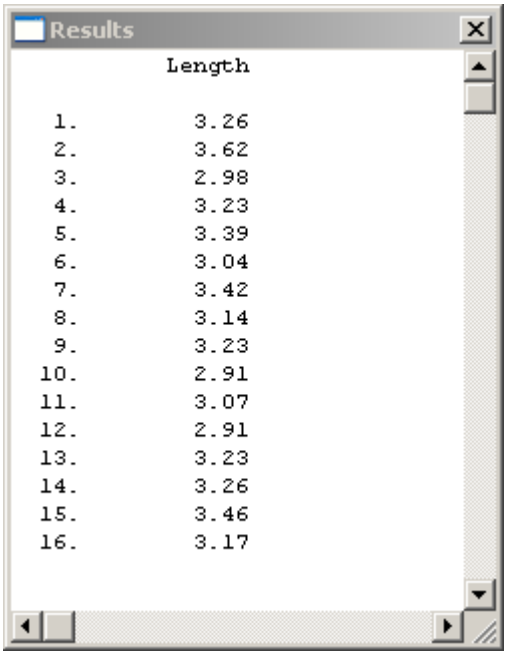

k11_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



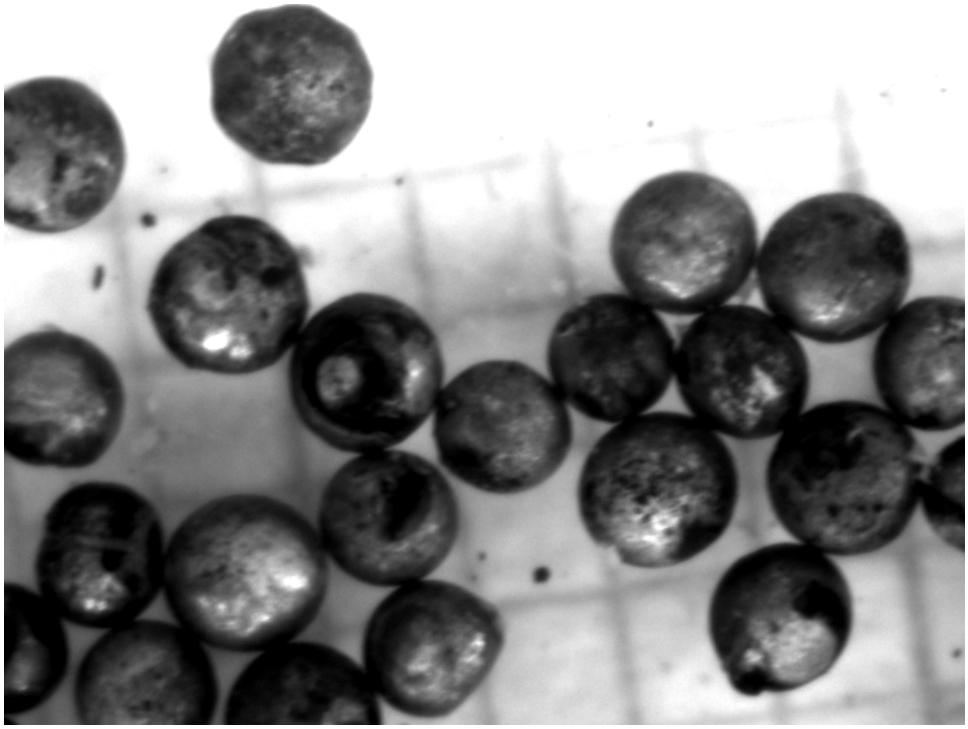
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,330	1,060	3,530
2	3,390	1,079	3,658
3	3,040	0,968	2,942
4	2,880	0,917	2,640
5	3,260	1,038	3,383
6	3,170	1,009	3,199
7	3,200	1,019	3,259
8	2,850	0,907	2,585
9	3,330	1,060	3,530
10	2,980	0,949	2,827
11	2,850	0,907	2,585
12	3,200	1,019	3,259
13	3,200	1,019	3,259



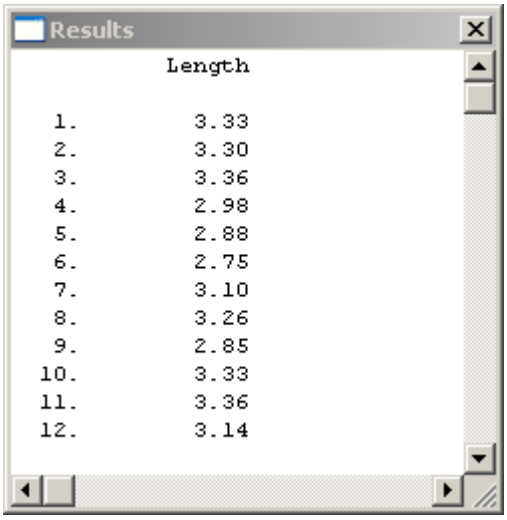

k12_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



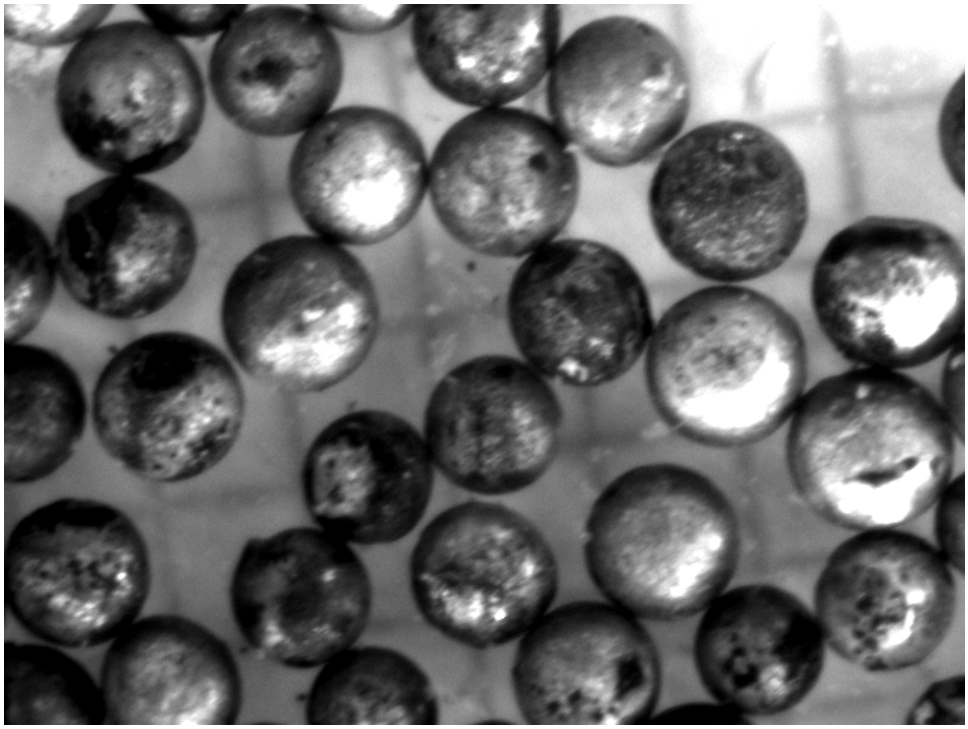
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,260	1,038	3,383
2	3,620	1,152	4,171
3	2,980	0,949	2,827
4	3,230	1,028	3,321
5	3,390	1,079	3,658
6	3,040	0,968	2,942
7	3,420	1,089	3,723
8	3,140	0,999	3,138
9	3,230	1,028	3,321
10	2,910	0,926	2,695
11	3,070	0,977	3,000
12	2,910	0,926	2,695
13	3,230	1,028	3,321
14	3,260	1,038	3,383
15	3,460	1,101	3,811
16	3,170	1,009	3,199

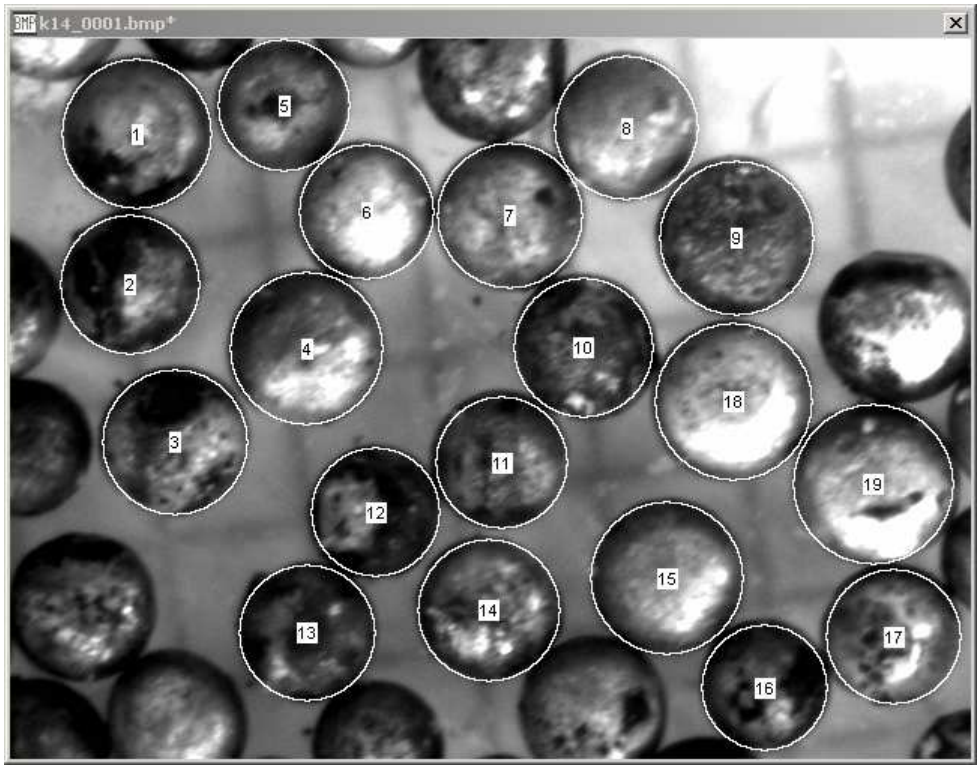


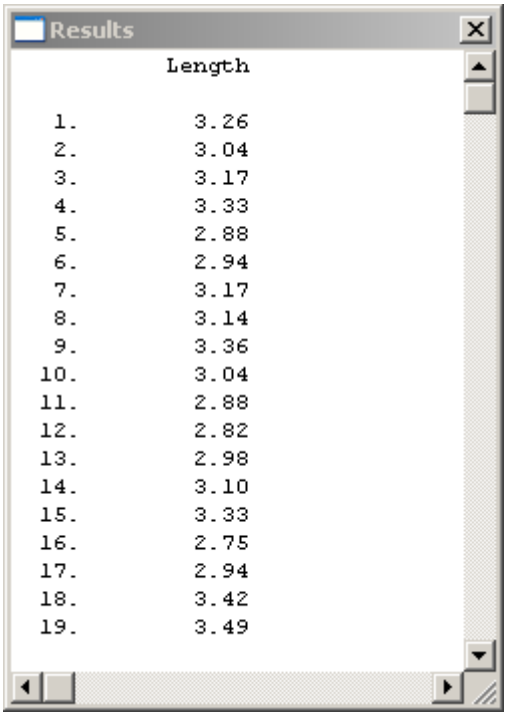

k13_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12



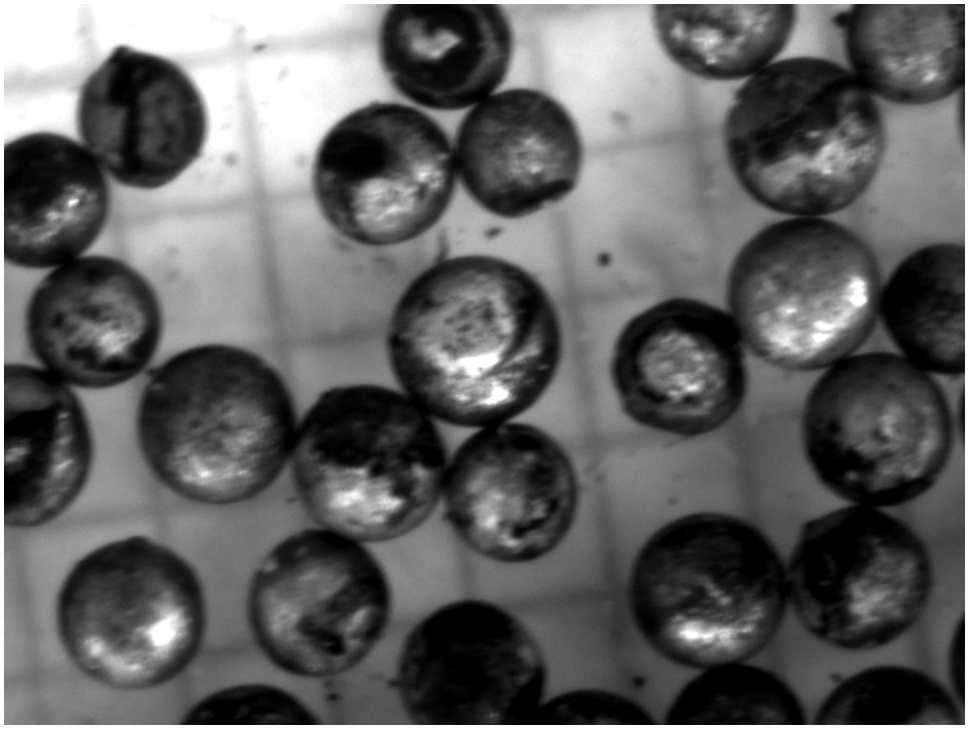
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,330	1,060	3,530
2	3,300	1,050	3,466
3	3,360	1,070	3,594
4	2,980	0,949	2,827
5	2,880	0,917	2,640
6	2,750	0,875	2,407
7	3,100	0,987	3,059
8	3,260	1,038	3,383
9	2,850	0,907	2,585
10	3,330	1,060	3,530
11	3,360	1,070	3,594
12	3,140	0,999	3,138

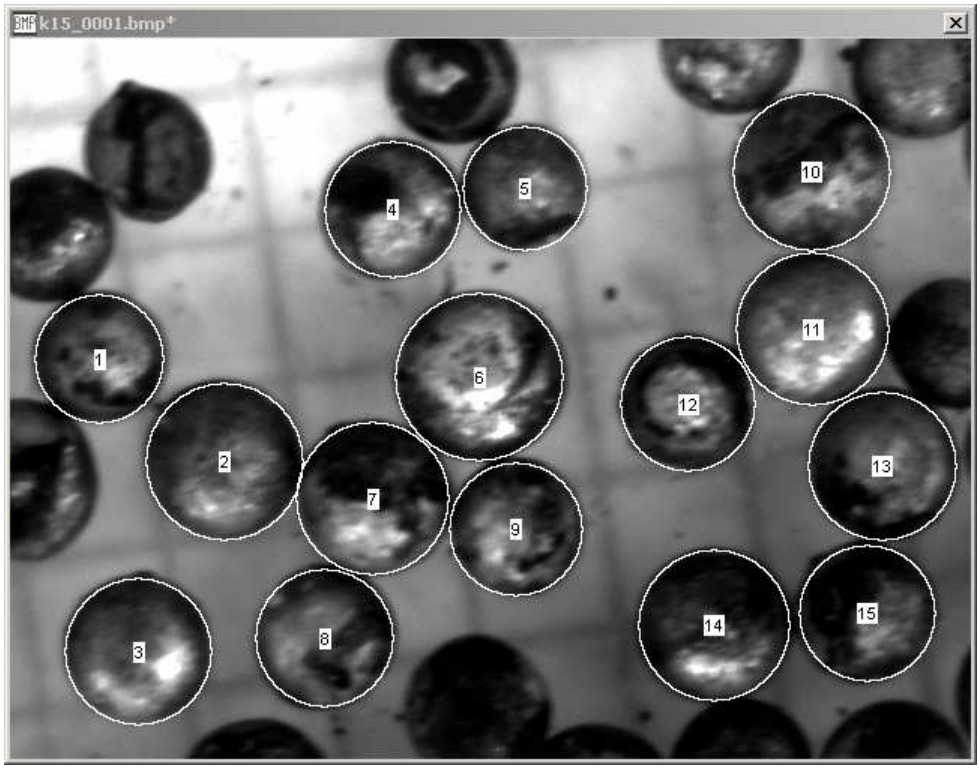


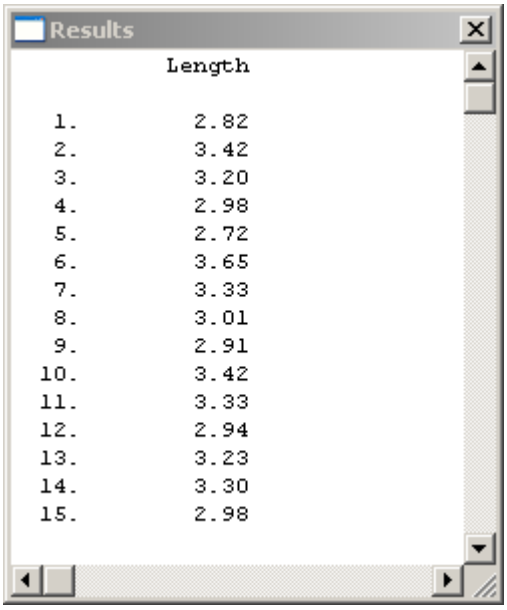

k14_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,260	1,038	3,383
2	3,040	0,968	2,942
3	3,170	1,009	3,199
4	3,330	1,060	3,530
5	2,880	0,917	2,640
6	2,940	0,936	2,751
7	3,170	1,009	3,199
8	3,140	0,999	3,138
9	3,360	1,070	3,594
10	3,040	0,968	2,942
11	2,880	0,917	2,640
12	2,820	0,898	2,531
13	2,980	0,949	2,827
14	3,100	0,987	3,059
15	3,330	1,060	3,530
16	2,750	0,875	2,407
17	2,940	0,936	2,751
18	3,420	1,089	3,723
19	3,490	1,111	3,877

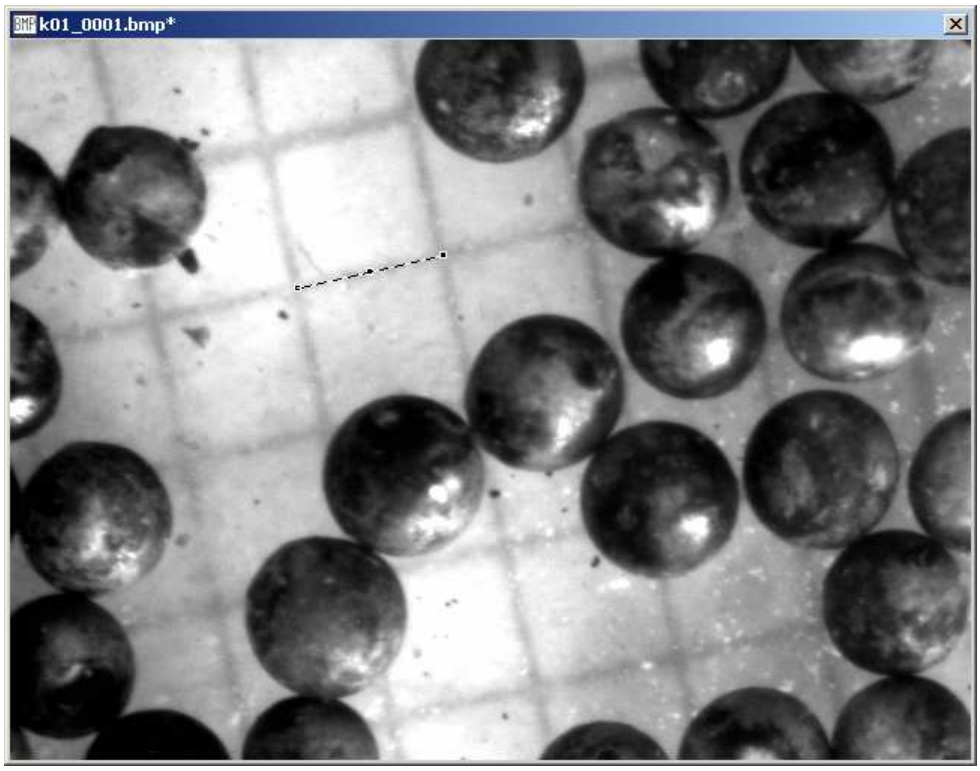


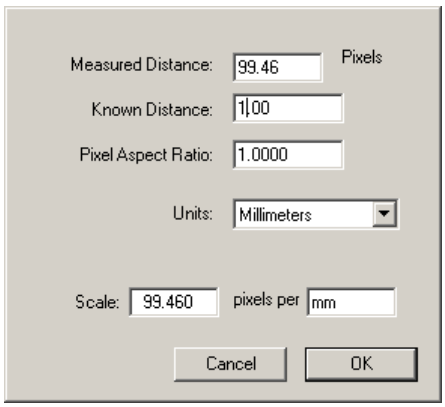

k15_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

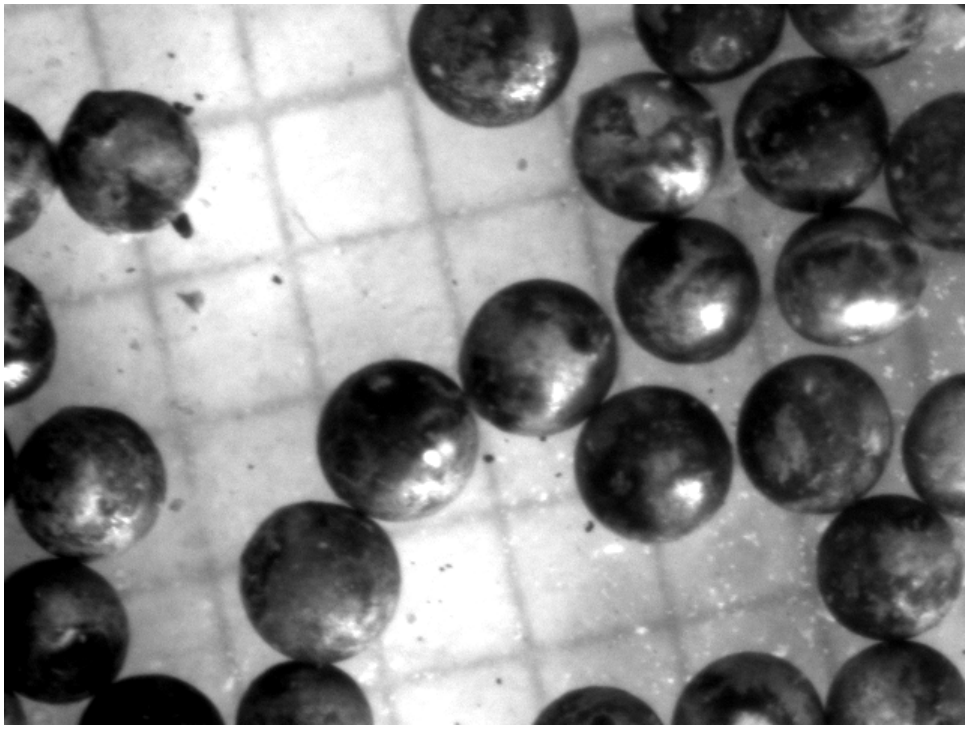


	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,820	0,898	2,531
2	3,420	1,089	3,723
3	3,200	1,019	3,259
4	2,980	0,949	2,827
5	2,720	0,866	2,355
6	3,650	1,162	4,241
7	3,330	1,060	3,530
8	3,010	0,958	2,884
9	2,910	0,926	2,695
10	3,420	1,089	3,723
11	3,330	1,060	3,530
12	2,940	0,936	2,751
13	3,230	1,028	3,321
14	3,300	1,050	3,466
15	2,980	0,949	2,827

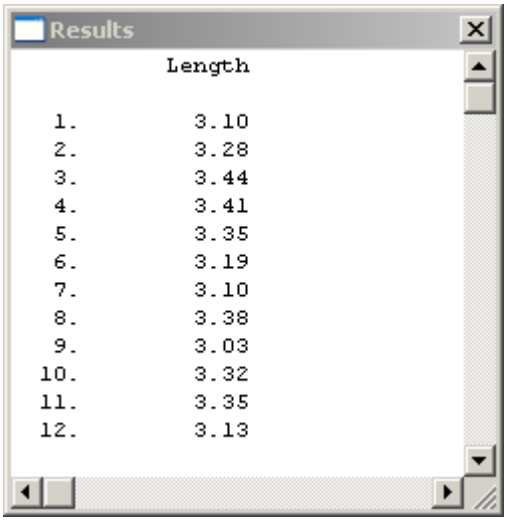
D.3.3 DIA 6 (27-ABRIL-2009)



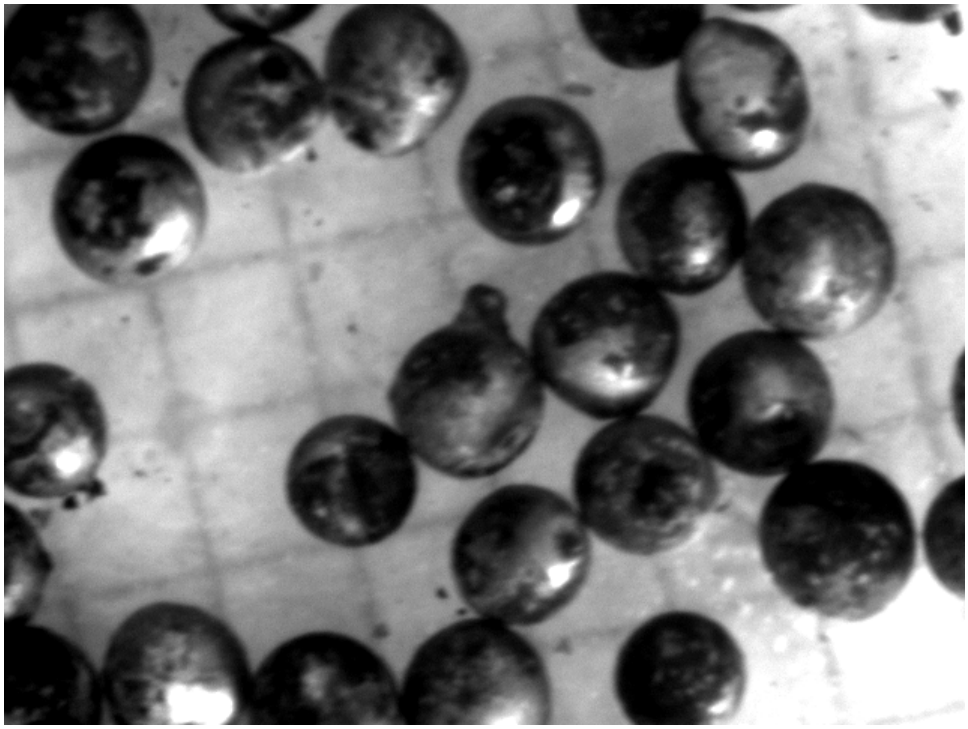




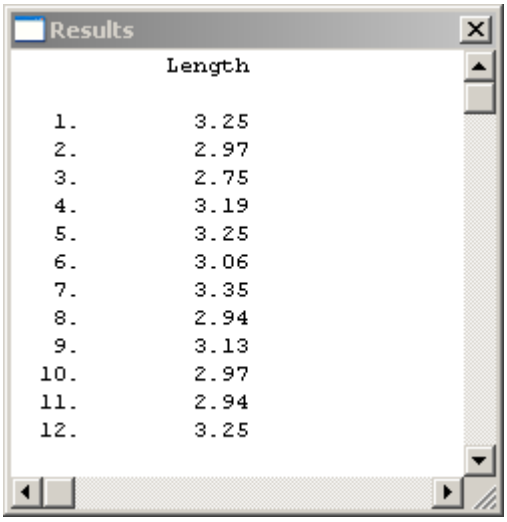

k01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12



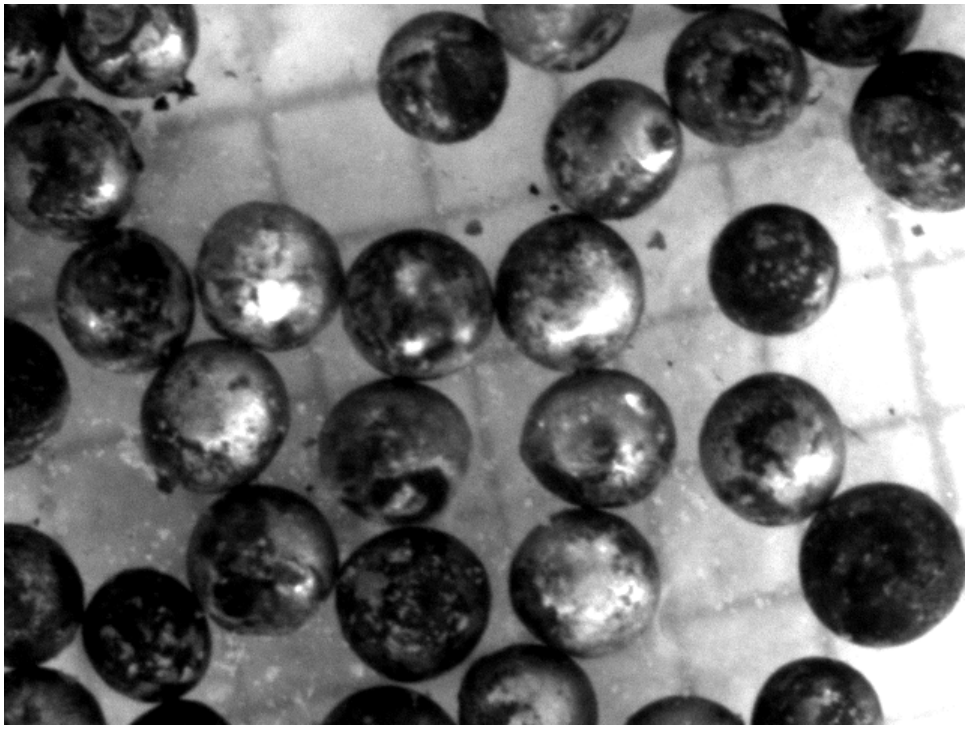
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,100	0,987	3,059
2	3,280	1,044	3,425
3	3,440	1,095	3,767
4	3,410	1,085	3,701
5	3,350	1,066	3,572
6	3,190	1,015	3,239
7	3,100	0,987	3,059
8	3,380	1,076	3,636
9	3,030	0,964	2,922
10	3,320	1,057	3,509
11	3,350	1,066	3,572
12	3,130	0,996	3,118



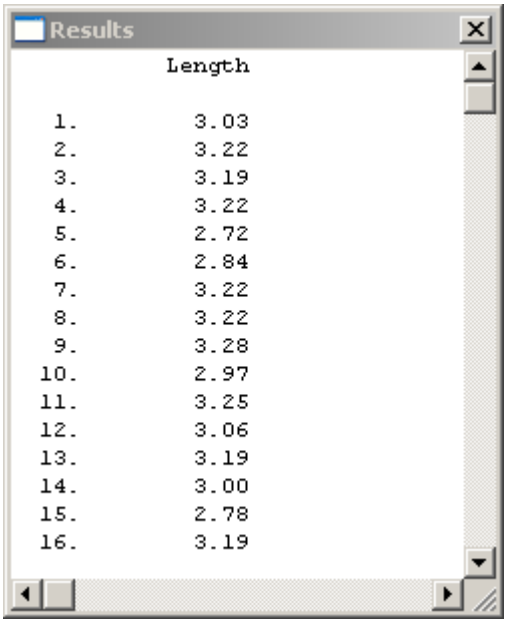

k02_0001.bmp*
1
2
4
8
5
9
12
6
3
10
11
7



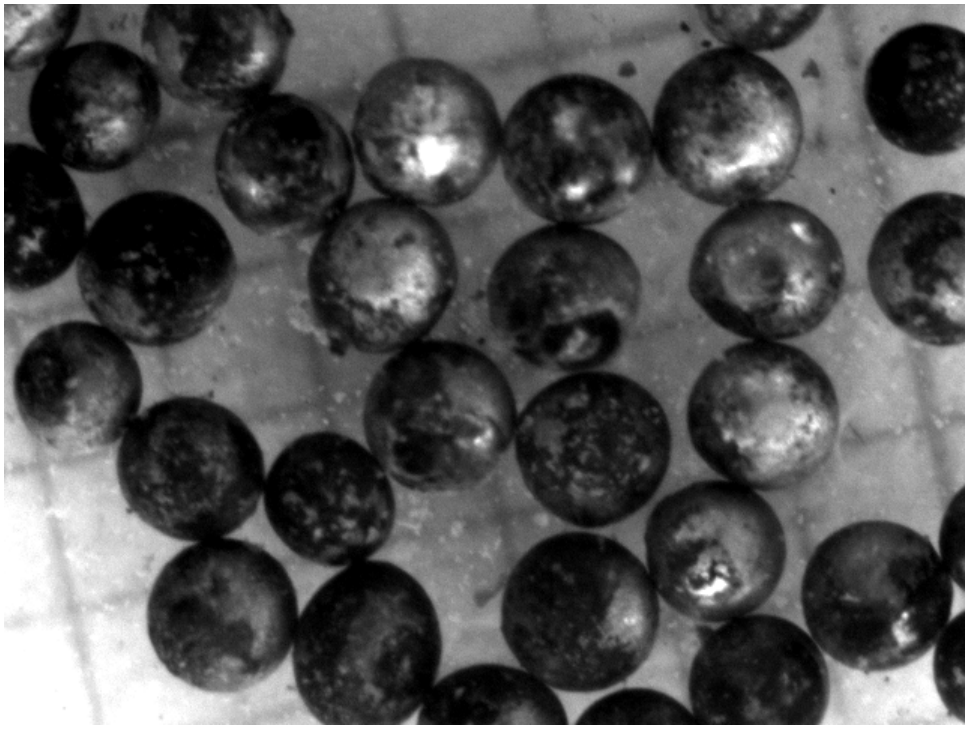
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,250	1,035	3,362
2	2,970	0,945	2,808
3	2,750	0,875	2,407
4	3,190	1,015	3,239
5	3,250	1,035	3,362
6	3,060	0,974	2,981
7	3,350	1,066	3,572
8	2,940	0,936	2,751
9	3,130	0,996	3,118
10	2,970	0,945	2,808
11	2,940	0,936	2,751
12	3,250	1,035	3,362



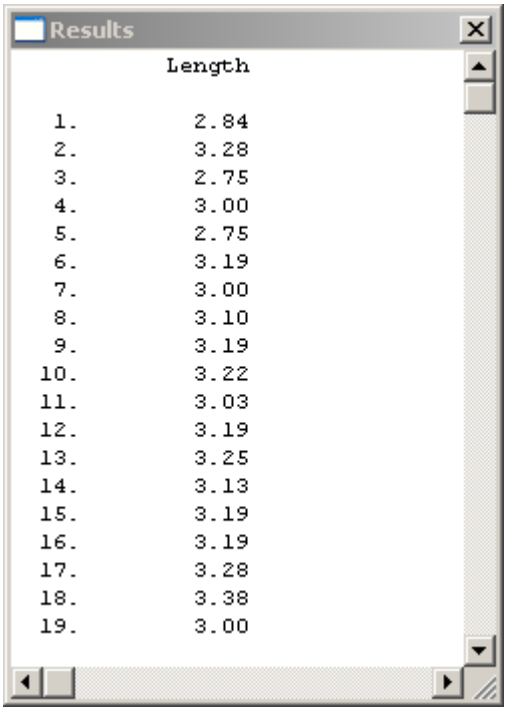

k03_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



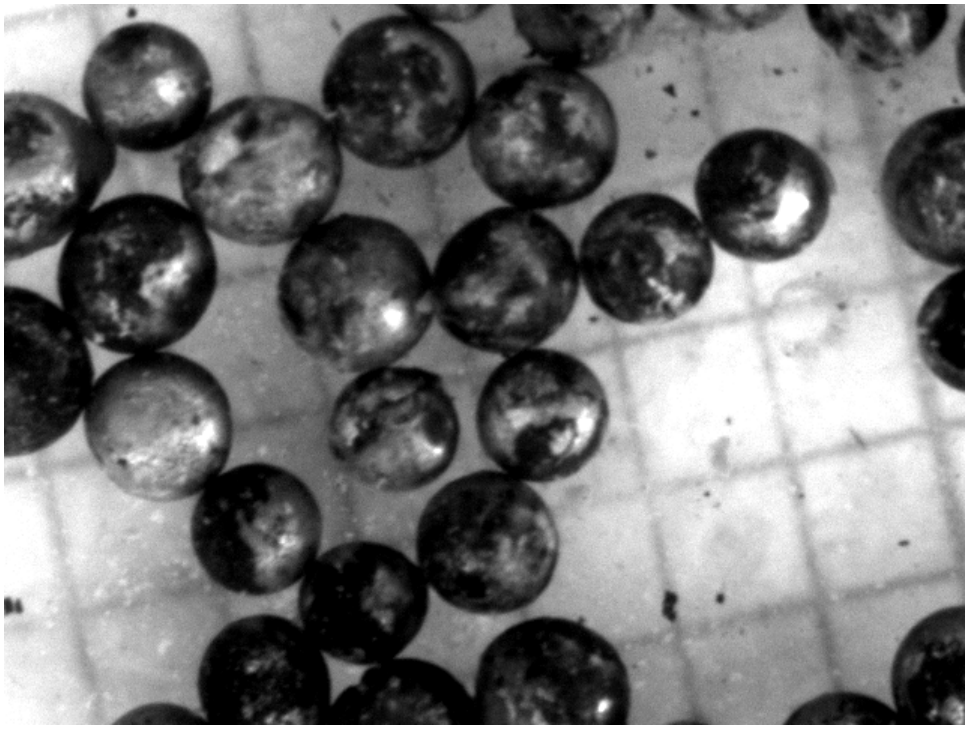
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,030	0,964	2,922
2	3,220	1,025	3,300
3	3,190	1,015	3,239
4	3,220	1,025	3,300
5	2,720	0,866	2,355
6	2,840	0,904	2,567
7	3,220	1,025	3,300
8	3,220	1,025	3,300
9	3,280	1,044	3,425
10	2,970	0,945	2,808
11	3,250	1,035	3,362
12	3,060	0,974	2,981
13	3,190	1,015	3,239
14	3,000	0,955	2,865
15	2,780	0,885	2,460
16	3,190	1,015	3,239



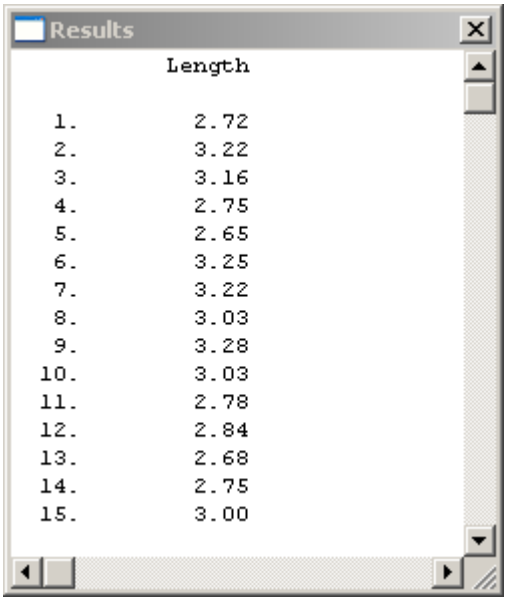

k04_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19



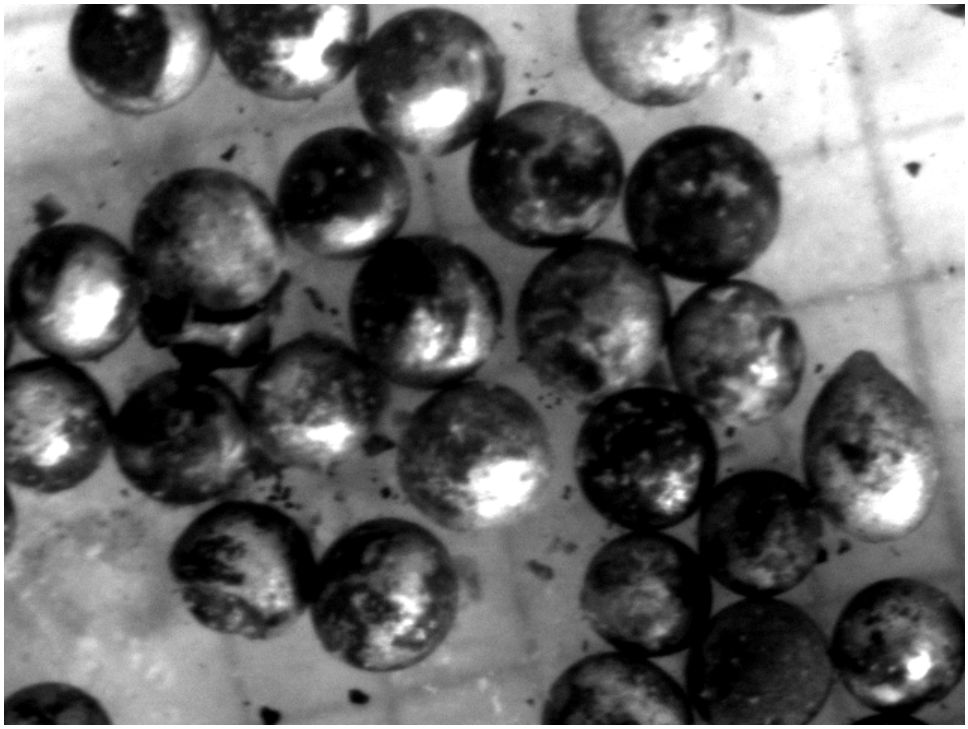
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,840	0,904	2,567
2	3,280	1,044	3,425
3	2,750	0,875	2,407
4	3,000	0,955	2,865
5	2,750	0,875	2,407
6	3,190	1,015	3,239
7	3,000	0,955	2,865
8	3,100	0,987	3,059
9	3,190	1,015	3,239
10	3,220	1,025	3,300
11	3,030	0,964	2,922
12	3,190	1,015	3,239
13	3,250	1,035	3,362
14	3,130	0,996	3,118
15	3,190	1,015	3,239
16	3,190	1,015	3,239
17	3,280	1,044	3,425
18	3,380	1,076	3,636
19	3,000	0,955	2,865

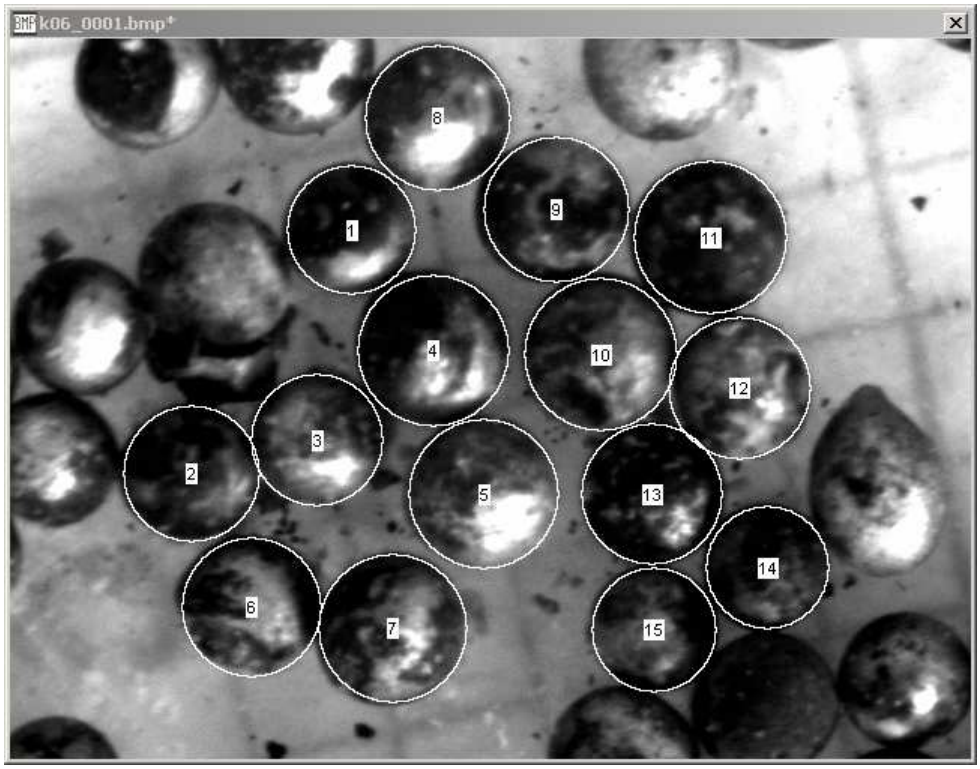


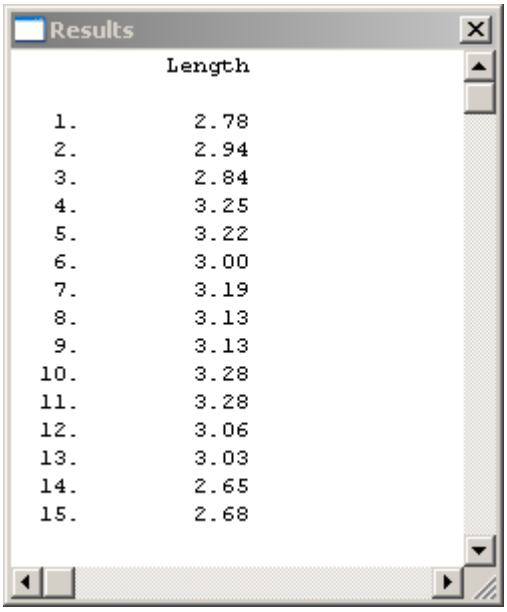

k05_0001.bmp*
1
7
8
6
12
2
9
10
11
3
13
14
4
15
5



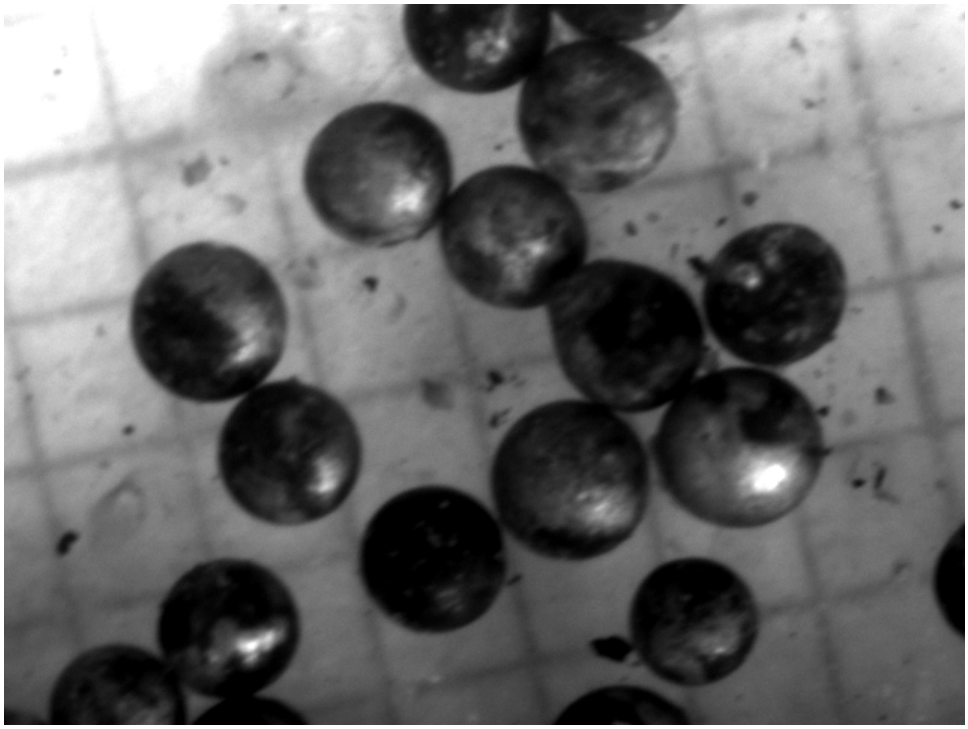
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,720	0,866	2,355
2	3,220	1,025	3,300
3	3,160	1,006	3,179
4	2,750	0,875	2,407
5	2,650	0,844	2,235
6	3,250	1,035	3,362
7	3,220	1,025	3,300
8	3,030	0,964	2,922
9	3,280	1,044	3,425
10	3,030	0,964	2,922
11	2,780	0,885	2,460
12	2,840	0,904	2,567
13	2,680	0,853	2,286
14	2,750	0,875	2,407
15	3,000	0,955	2,865

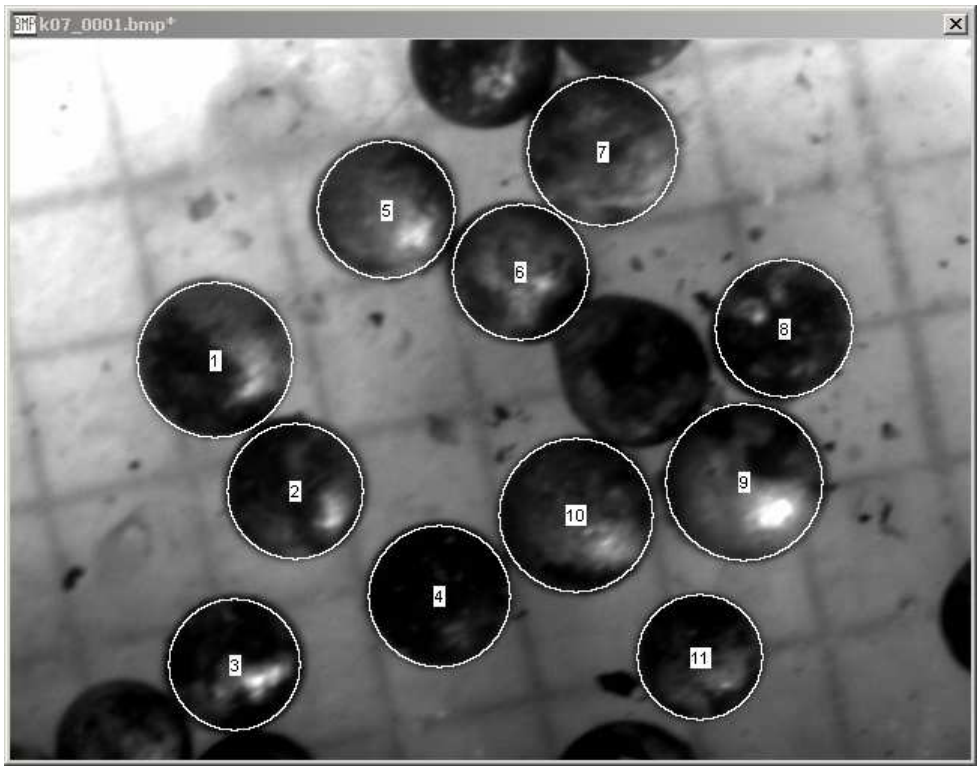


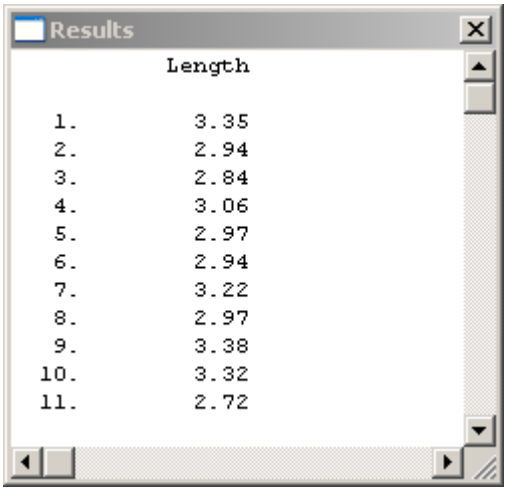

k06_0001.bmp*
8
9
11
1
4
10
12
3
2
5
13
14
6
7
15



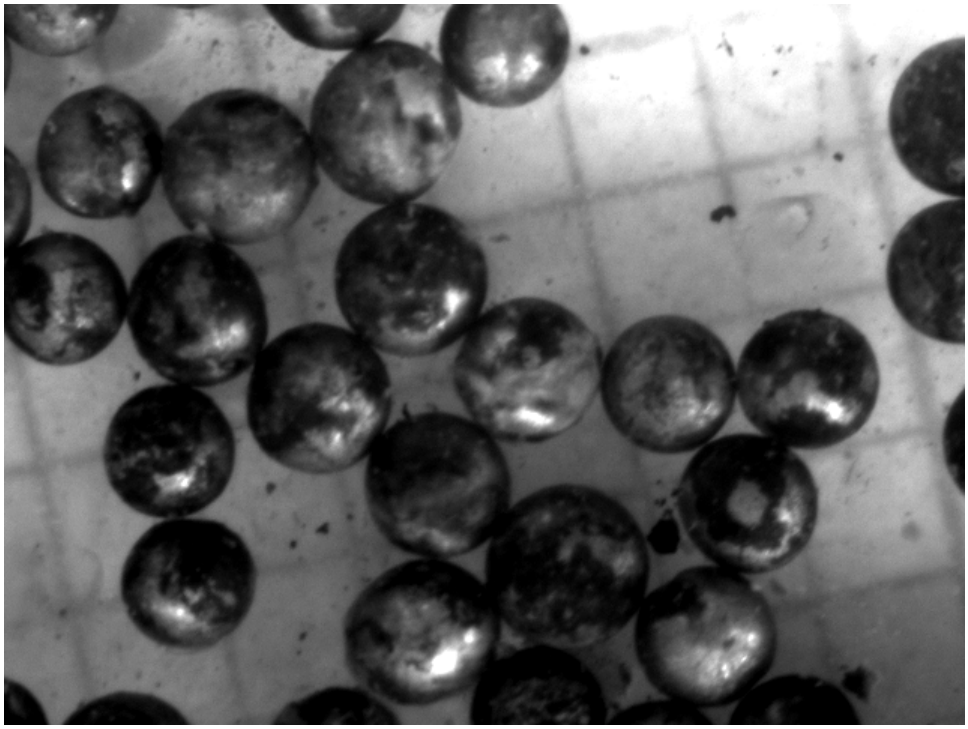
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,780	0,885	2,460
2	2,940	0,936	2,751
3	2,840	0,904	2,567
4	3,250	1,035	3,362
5	3,220	1,025	3,300
6	3,000	0,955	2,865
7	3,190	1,015	3,239
8	3,130	0,996	3,118
9	3,130	0,996	3,118
10	3,280	1,044	3,425
11	3,280	1,044	3,425
12	3,060	0,974	2,981
13	3,030	0,964	2,922
14	2,650	0,844	2,235
15	2,680	0,853	2,286



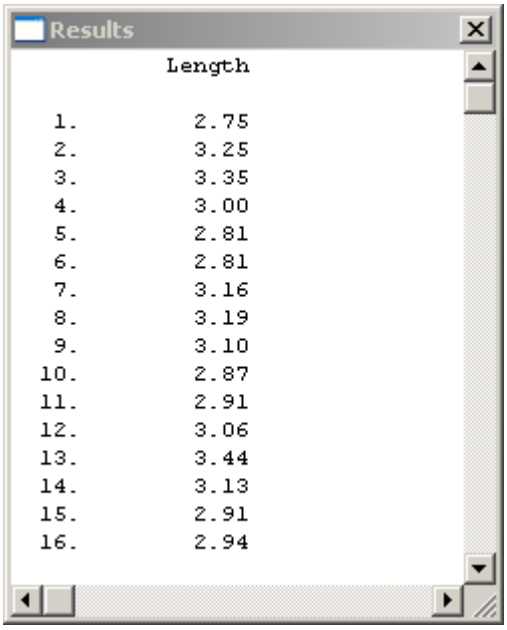

k07_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11



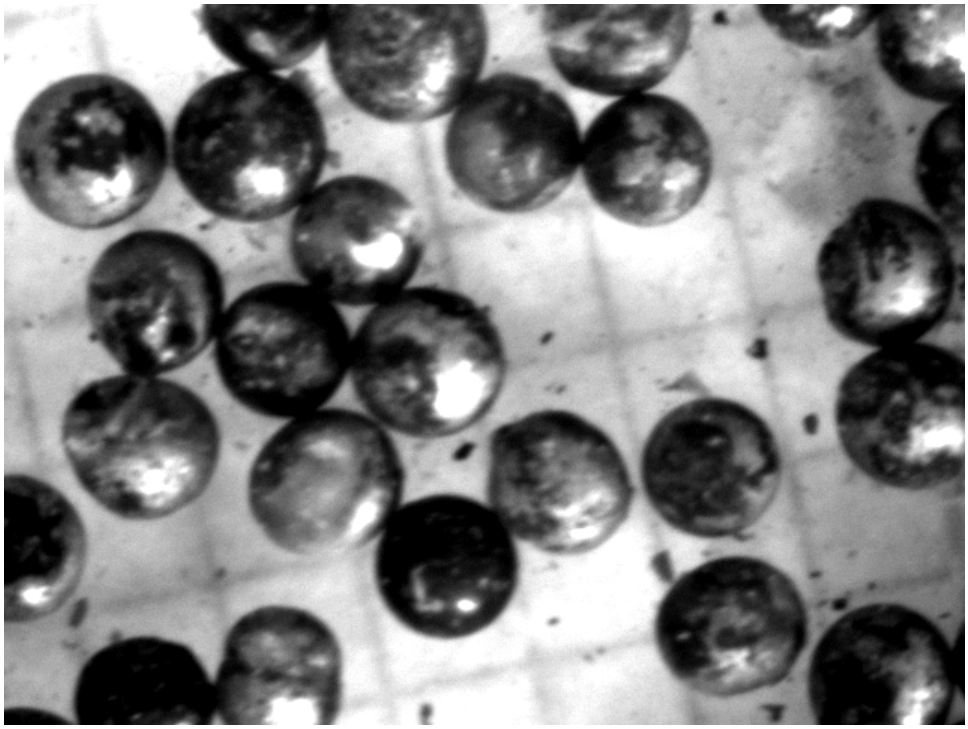
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,350	1,066	3,572
2	2,940	0,936	2,751
3	2,840	0,904	2,567
4	3,060	0,974	2,981
5	2,970	0,945	2,808
6	2,940	0,936	2,751
7	3,220	1,025	3,300
8	2,970	0,945	2,808
9	3,380	1,076	3,636
10	3,320	1,057	3,509
11	2,720	0,866	2,355



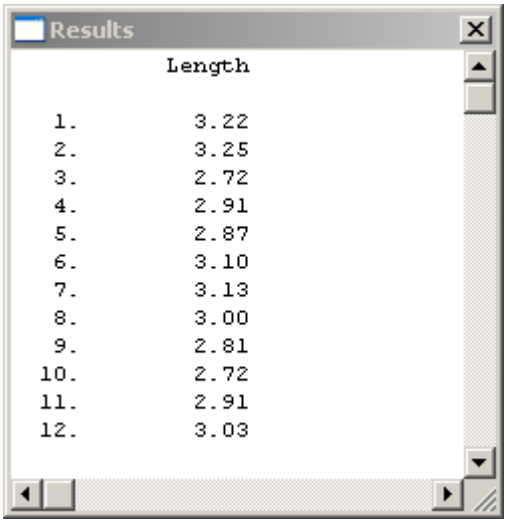

k08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



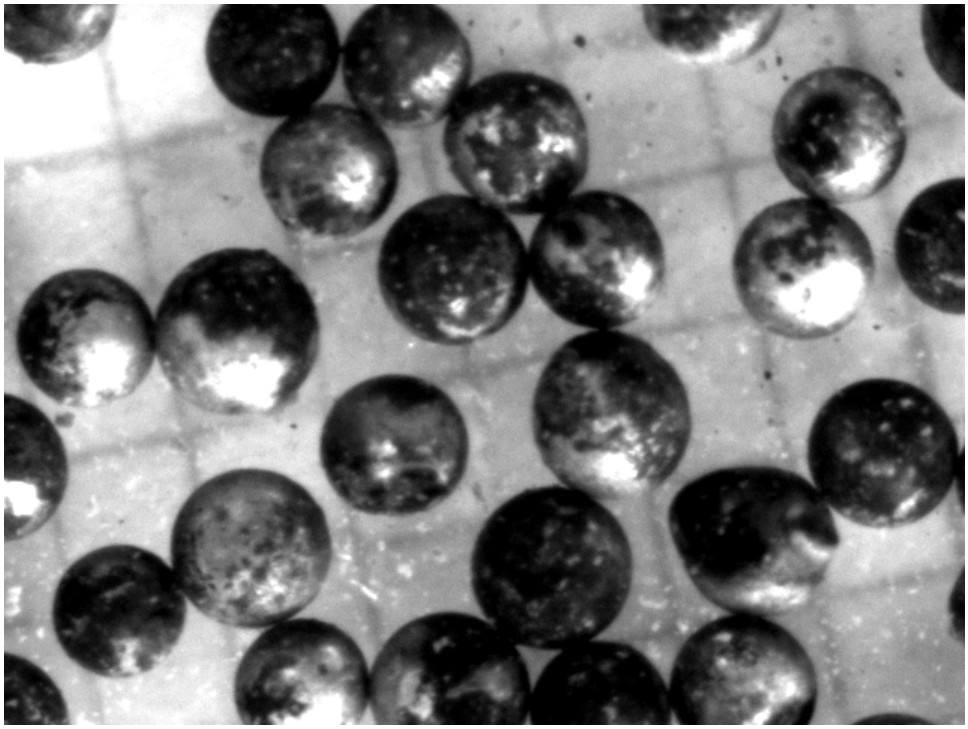
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,750	0,875	2,407
2	3,250	1,035	3,362
3	3,350	1,066	3,572
4	3,000	0,955	2,865
5	2,810	0,894	2,513
6	2,810	0,894	2,513
7	3,160	1,006	3,179
8	3,190	1,015	3,239
9	3,100	0,987	3,059
10	2,870	0,914	2,622
11	2,910	0,926	2,695
12	3,060	0,974	2,981
13	3,440	1,095	3,767
14	3,130	0,996	3,118
15	2,910	0,926	2,695
16	2,940	0,936	2,751



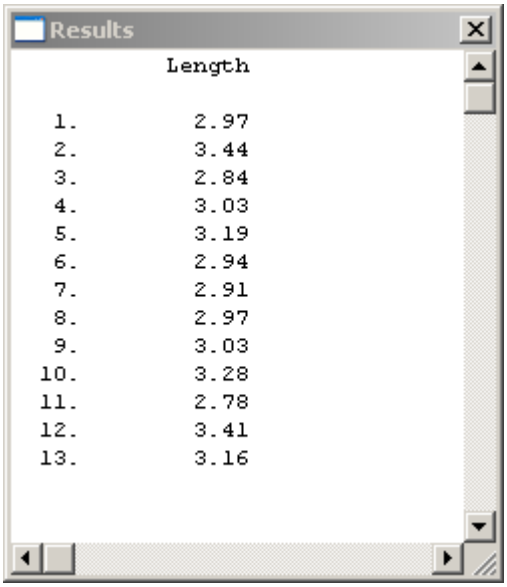

k09_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12



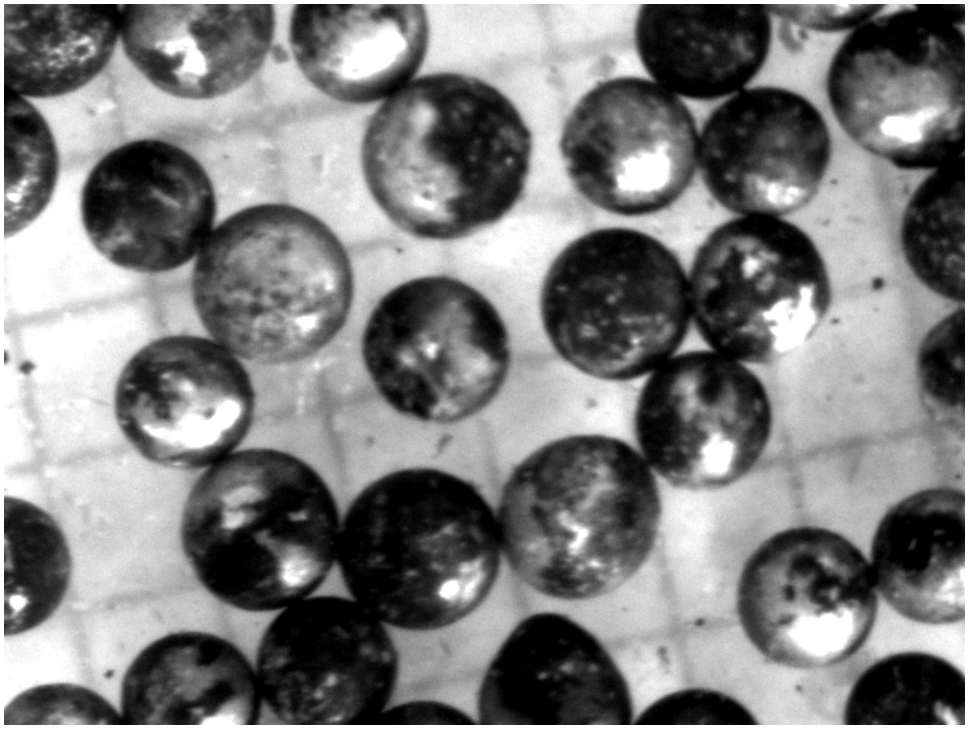
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,220	1,025	3,300
2	3,250	1,035	3,362
3	2,720	0,866	2,355
4	2,910	0,926	2,695
5	2,870	0,914	2,622
6	3,100	0,987	3,059
7	3,130	0,996	3,118
8	3,000	0,955	2,865
9	2,810	0,894	2,513
10	2,720	0,866	2,355
11	2,910	0,926	2,695
12	3,030	0,964	2,922



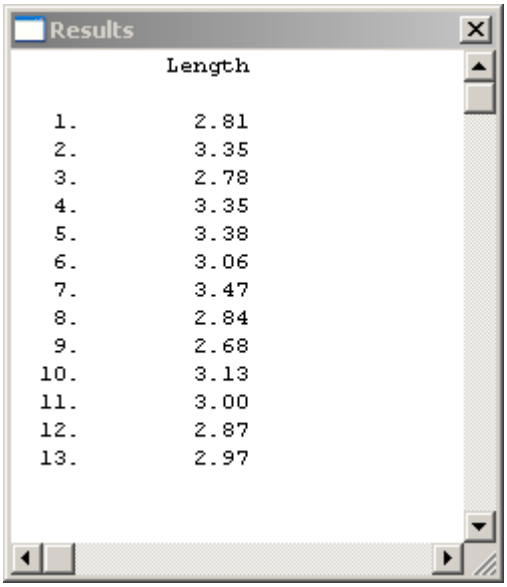

k10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



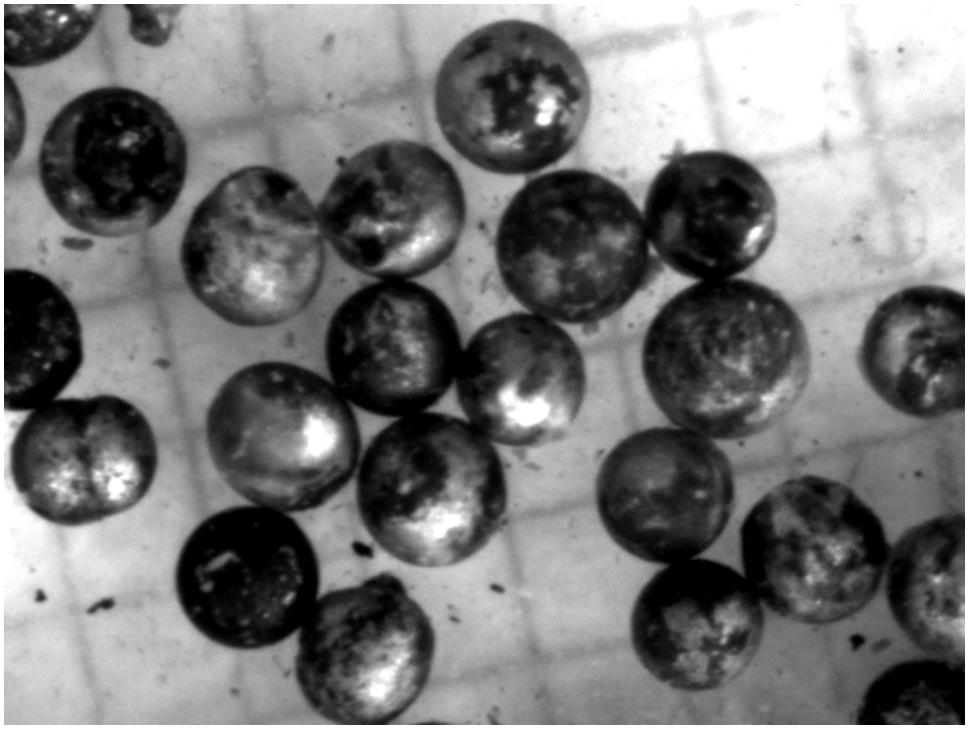
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,970	0,945	2,808
2	3,440	1,095	3,767
3	2,840	0,904	2,567
4	3,030	0,964	2,922
5	3,190	1,015	3,239
6	2,940	0,936	2,751
7	2,910	0,926	2,695
8	2,970	0,945	2,808
9	3,030	0,964	2,922
10	3,280	1,044	3,425
11	2,780	0,885	2,460
12	3,410	1,085	3,701
13	3,160	1,006	3,179



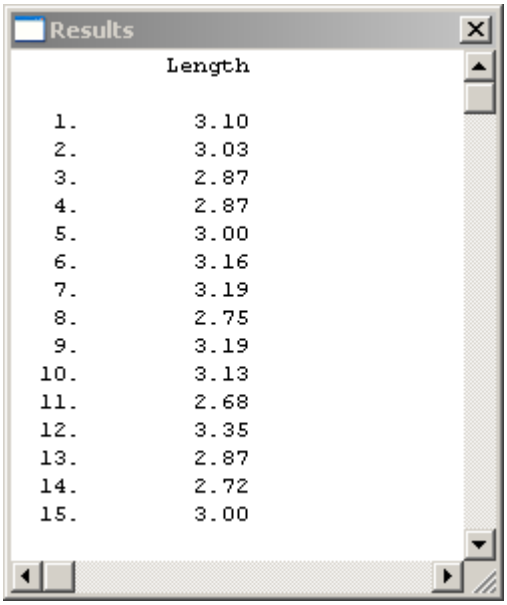

k11_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



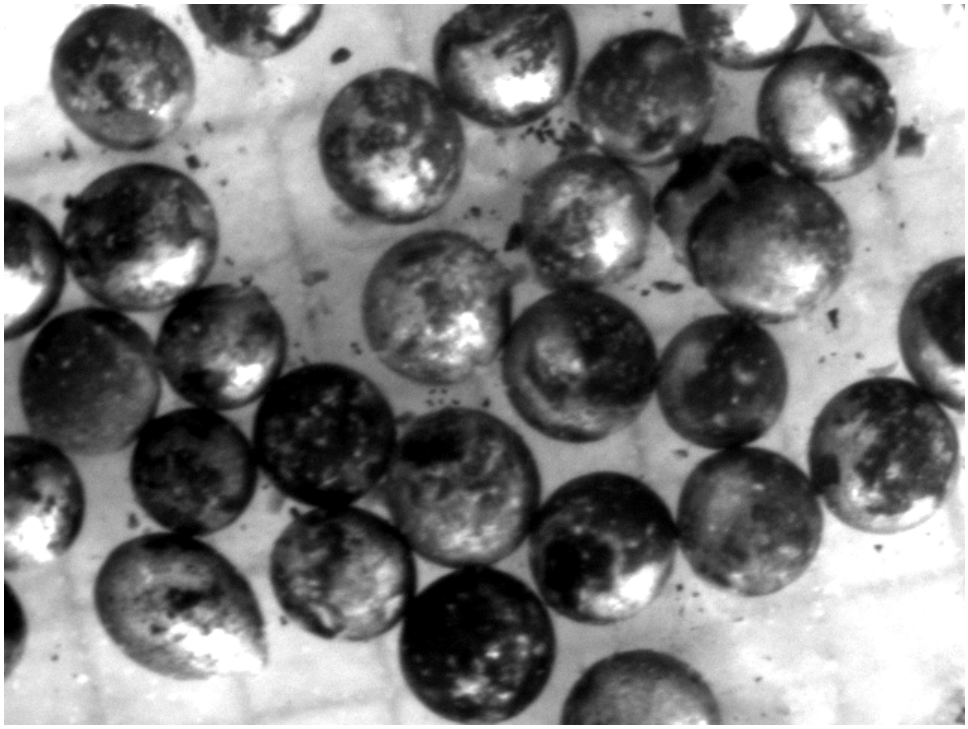
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,810	0,894	2,513
2	3,350	1,066	3,572
3	2,780	0,885	2,460
4	3,350	1,066	3,572
5	3,380	1,076	3,636
6	3,060	0,974	2,981
7	3,470	1,105	3,833
8	2,840	0,904	2,567
9	2,680	0,853	2,286
10	3,130	0,996	3,118
11	3,000	0,955	2,865
12	2,870	0,914	2,622
13	2,970	0,945	2,808



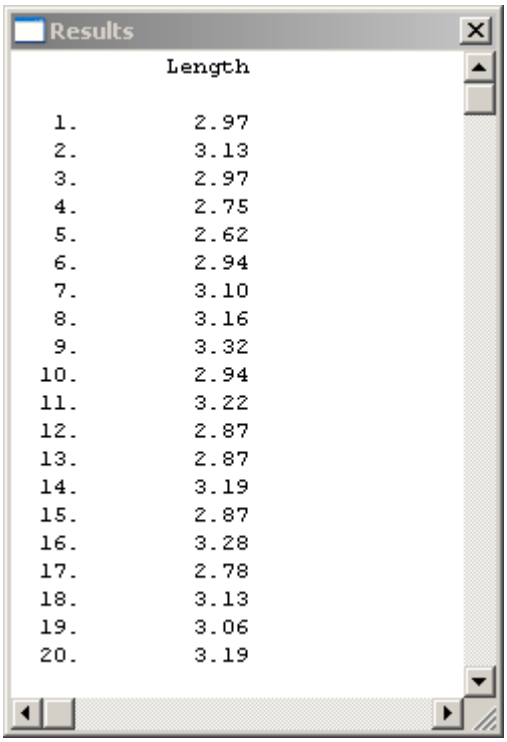

k12_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



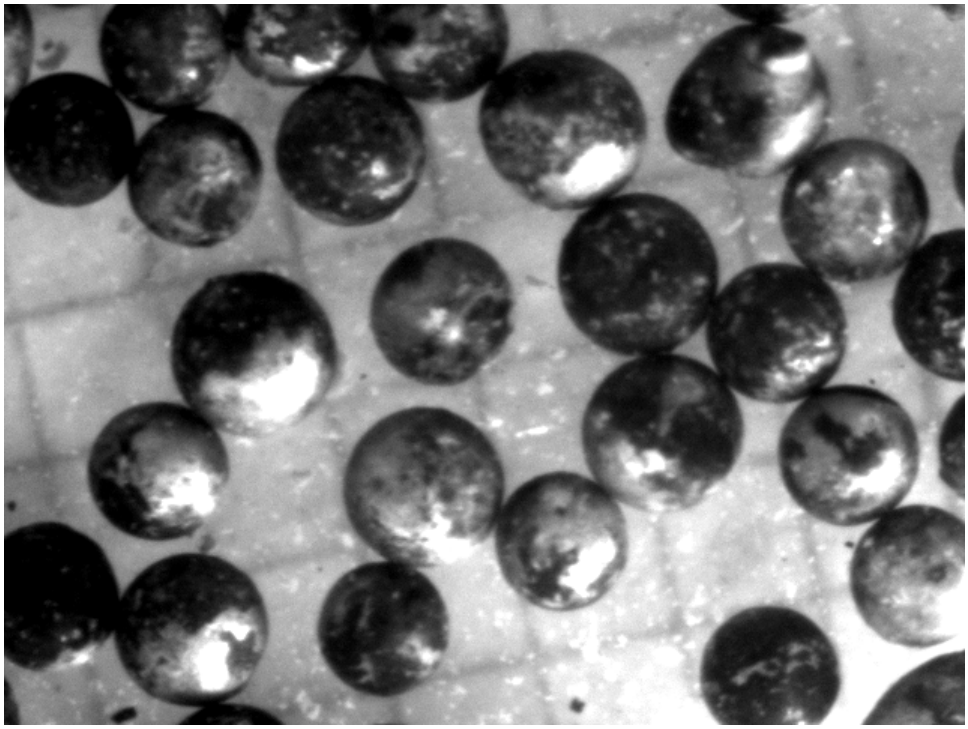
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,100	0,987	3,059
2	3,030	0,964	2,922
3	2,870	0,914	2,622
4	2,870	0,914	2,622
5	3,000	0,955	2,865
6	3,160	1,006	3,179
7	3,190	1,015	3,239
8	2,750	0,875	2,407
9	3,190	1,015	3,239
10	3,130	0,996	3,118
11	2,680	0,853	2,286
12	3,350	1,066	3,572
13	2,870	0,914	2,622
14	2,720	0,866	2,355
15	3,000	0,955	2,865



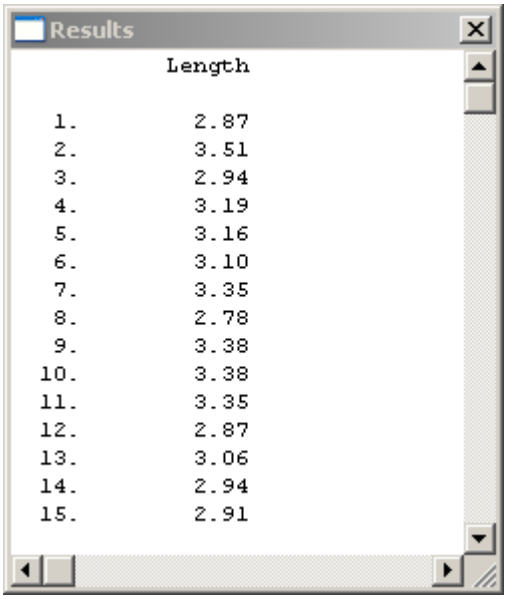

k13_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20



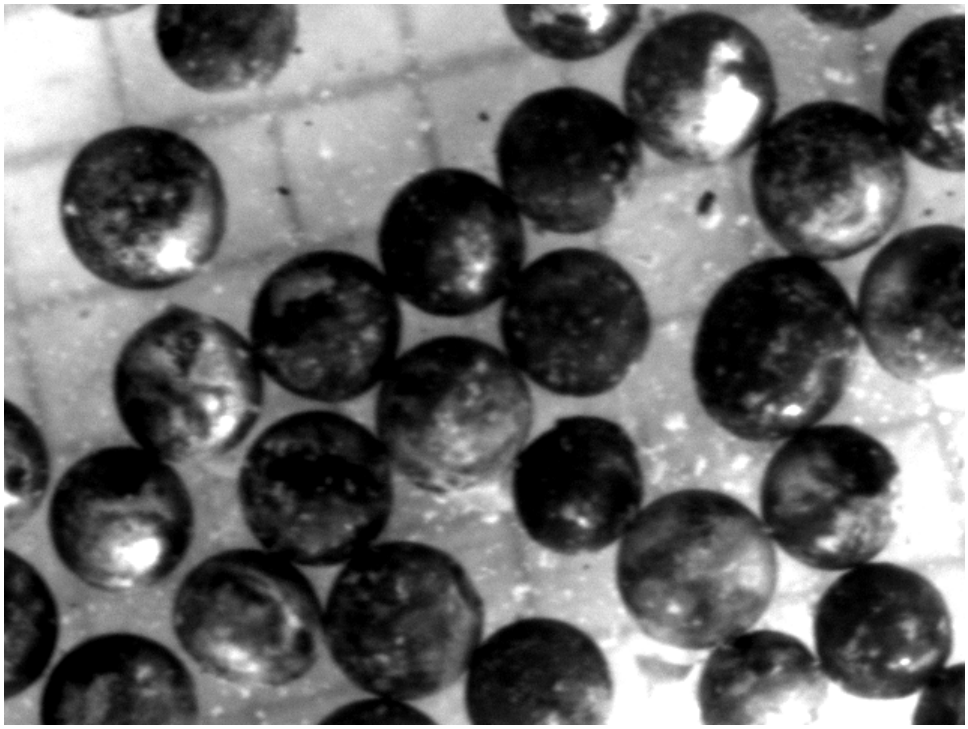
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,970	0,945	2,808
2	3,130	0,996	3,118
3	2,970	0,945	2,808
4	2,750	0,875	2,407
5	2,620	0,834	2,185
6	2,940	0,936	2,751
7	3,100	0,987	3,059
8	3,160	1,006	3,179
9	3,320	1,057	3,509
10	2,940	0,936	2,751
11	3,220	1,025	3,300
12	2,870	0,914	2,622
13	2,870	0,914	2,622
14	3,190	1,015	3,239
15	2,870	0,914	2,622
16	3,280	1,044	3,425
17	2,780	0,885	2,460
18	3,130	0,996	3,118
19	3,060	0,974	2,981
20	3,190	1,015	3,239



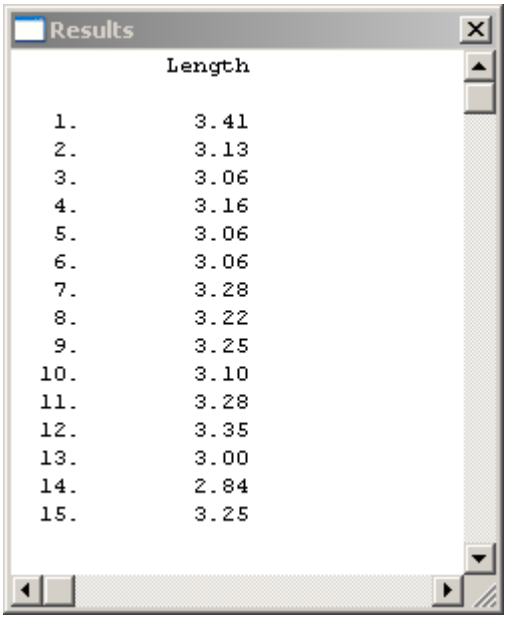

k14_0001.bmp*
1
5
9
13
10
6
14
2
11
3
7
15
12
4
8



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,870	0,914	2,622
2	3,510	1,117	3,922
3	2,940	0,936	2,751
4	3,190	1,015	3,239
5	3,160	1,006	3,179
6	3,100	0,987	3,059
7	3,350	1,066	3,572
8	2,780	0,885	2,460
9	3,380	1,076	3,636
10	3,380	1,076	3,636
11	3,350	1,066	3,572
12	2,870	0,914	2,622
13	3,060	0,974	2,981
14	2,940	0,936	2,751
15	2,910	0,926	2,695

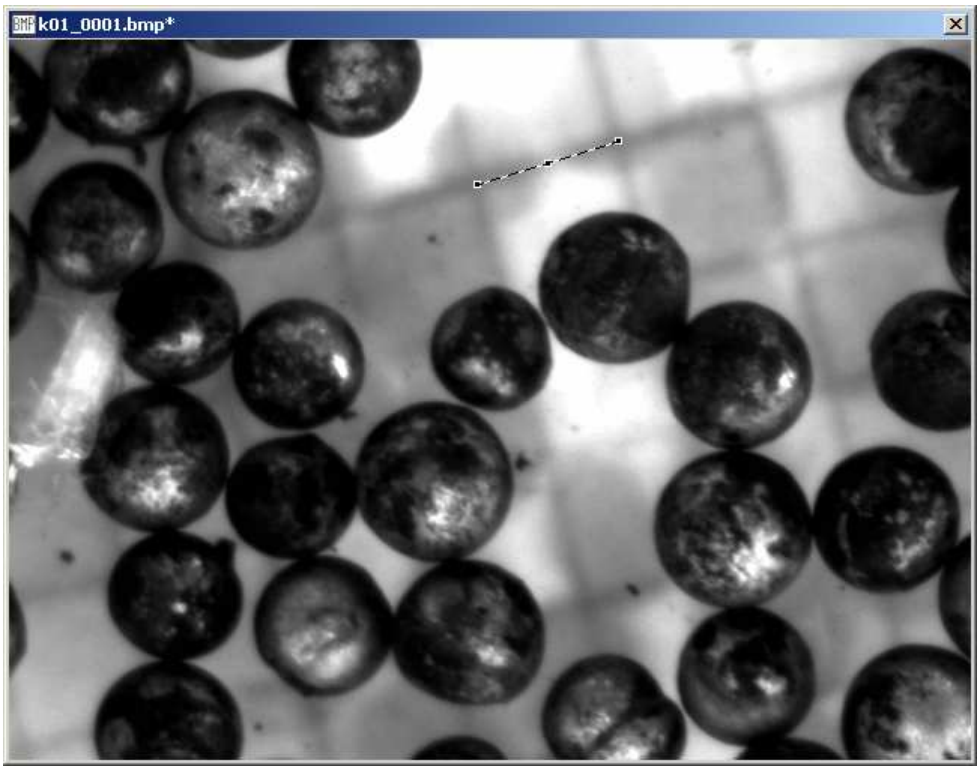


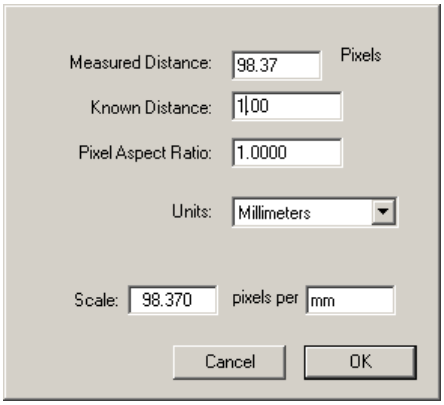

k15_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

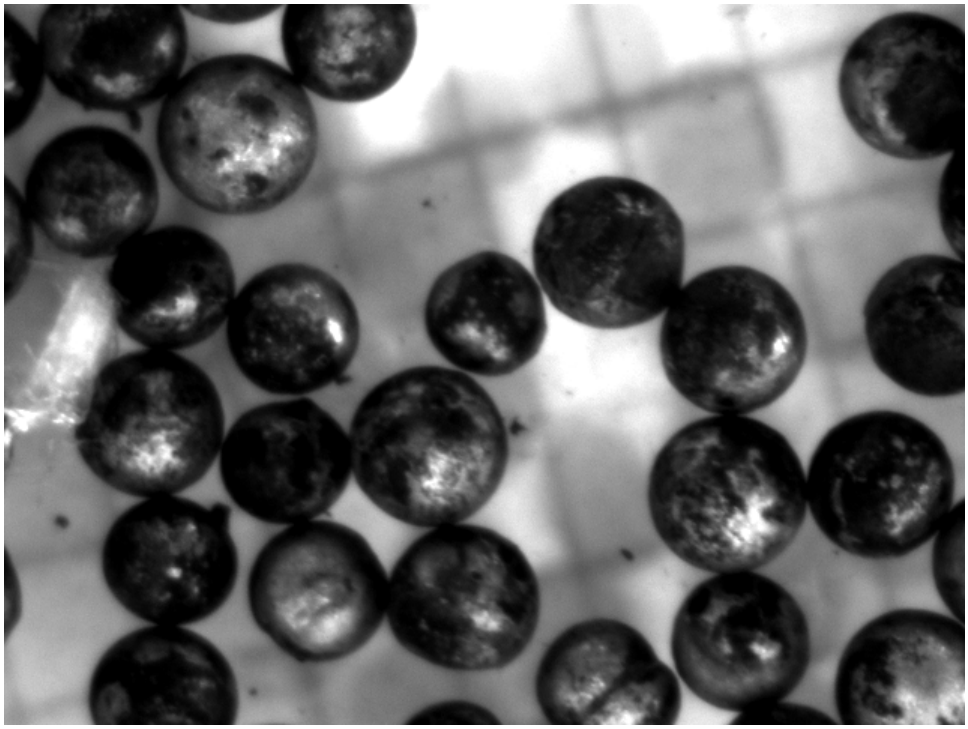


	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,410	1,085	3,701
2	3,130	0,996	3,118
3	3,060	0,974	2,981
4	3,160	1,006	3,179
5	3,060	0,974	2,981
6	3,060	0,974	2,981
7	3,280	1,044	3,425
8	3,220	1,025	3,300
9	3,250	1,035	3,362
10	3,100	0,987	3,059
11	3,280	1,044	3,425
12	3,350	1,066	3,572
13	3,000	0,955	2,865
14	2,840	0,904	2,567
15	3,250	1,035	3,362

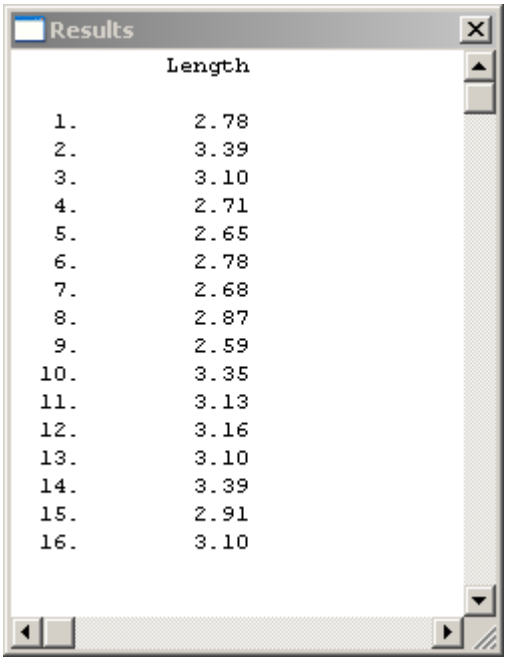
D.3.4 DIA 8 (29-ABRIL-2009)



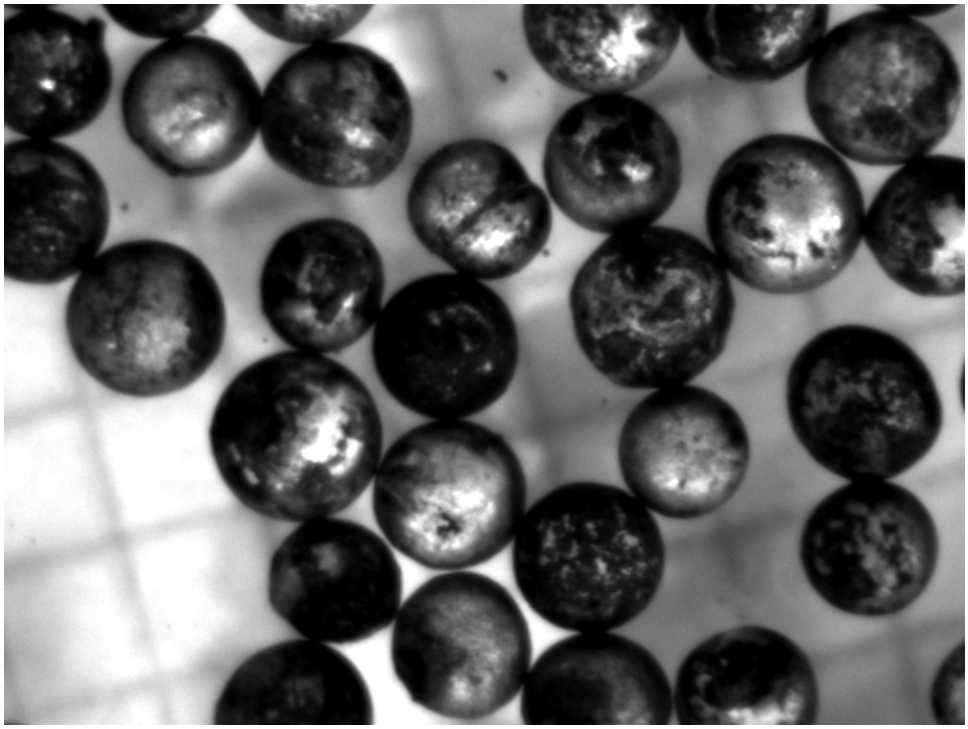




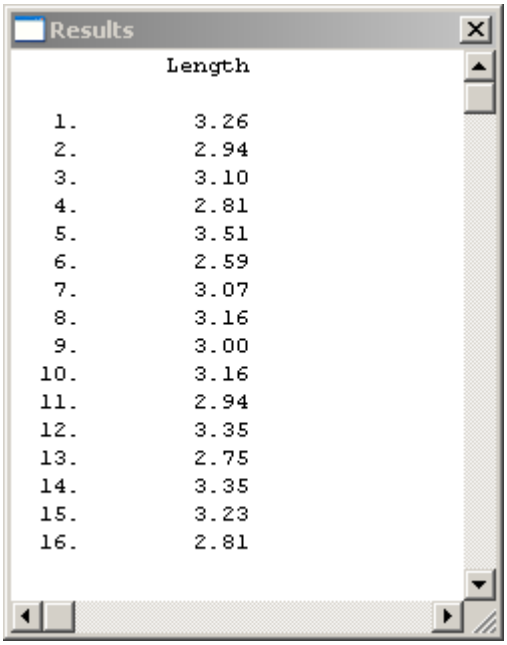

k01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



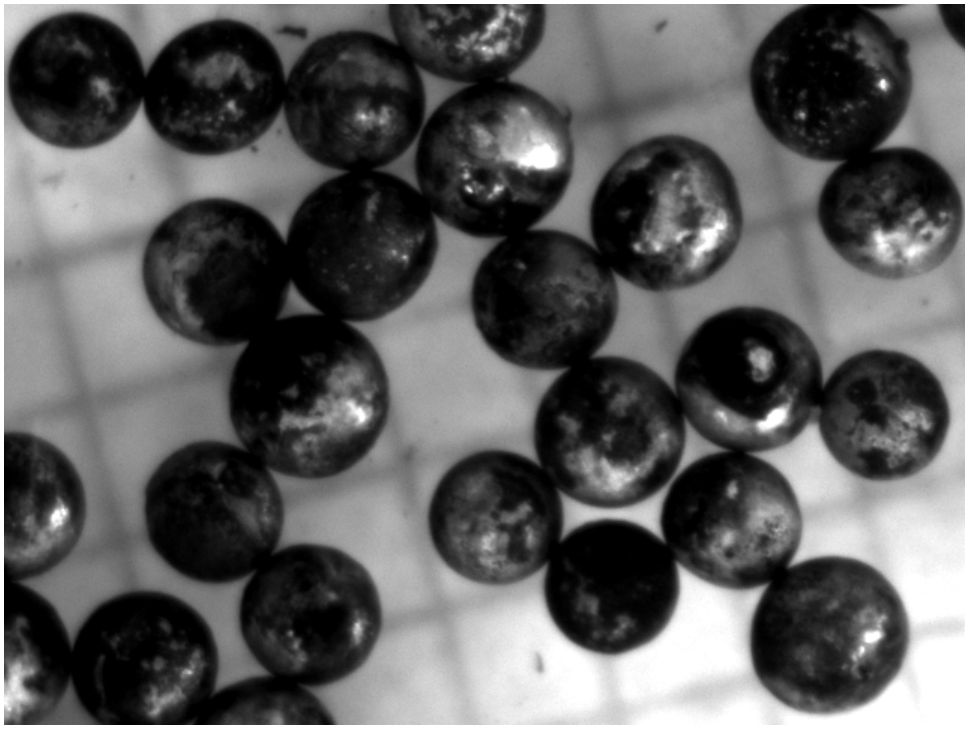
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,780	0,885	2,460
2	3,390	1,079	3,658
3	3,100	0,987	3,059
4	2,710	0,863	2,338
5	2,650	0,844	2,235
6	2,780	0,885	2,460
7	2,680	0,853	2,286
8	2,870	0,914	2,622
9	2,590	0,824	2,135
10	3,350	1,066	3,572
11	3,130	0,996	3,118
12	3,160	1,006	3,179
13	3,100	0,987	3,059
14	3,390	1,079	3,658
15	2,910	0,926	2,695
16	3,100	0,987	3,059



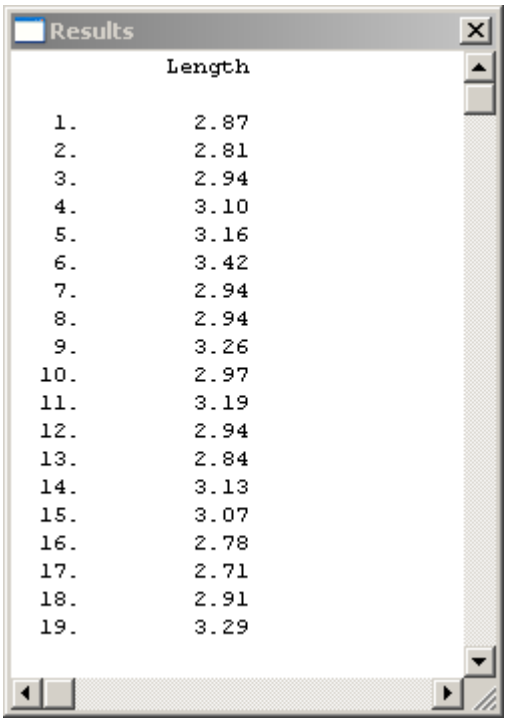

k02_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



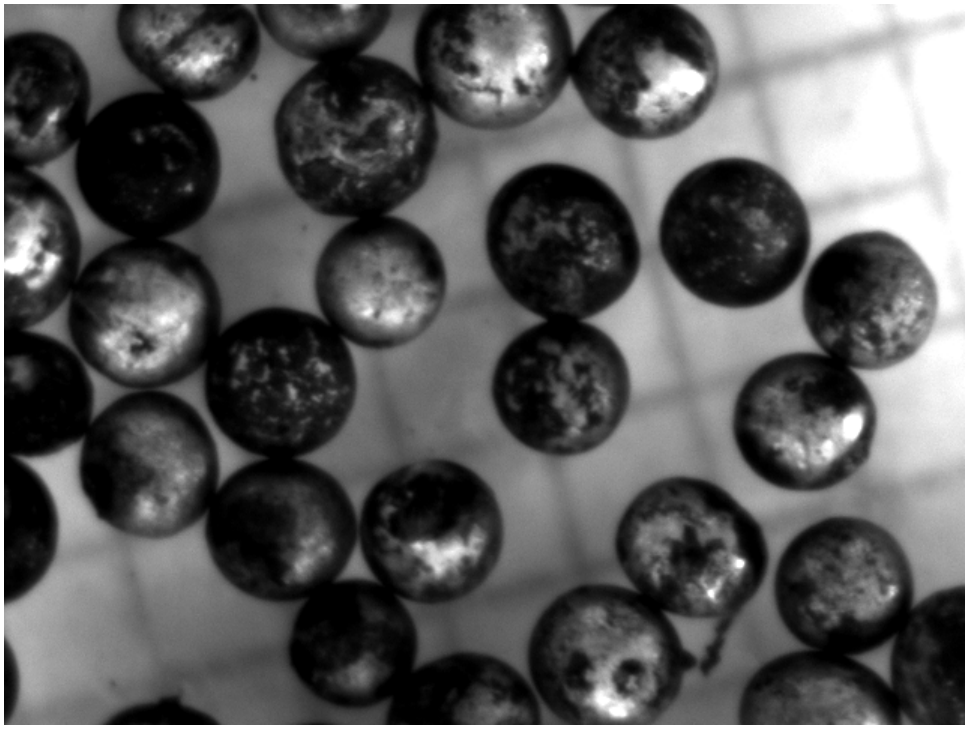
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,260	1,038	3,383
2	2,940	0,936	2,751
3	3,100	0,987	3,059
4	2,810	0,894	2,513
5	3,510	1,117	3,922
6	2,590	0,824	2,135
7	3,070	0,977	3,000
8	3,160	1,006	3,179
9	3,000	0,955	2,865
10	3,160	1,006	3,179
11	2,940	0,936	2,751
12	3,350	1,066	3,572
13	2,750	0,875	2,407
14	3,350	1,066	3,572
15	3,230	1,028	3,321
16	2,810	0,894	2,513



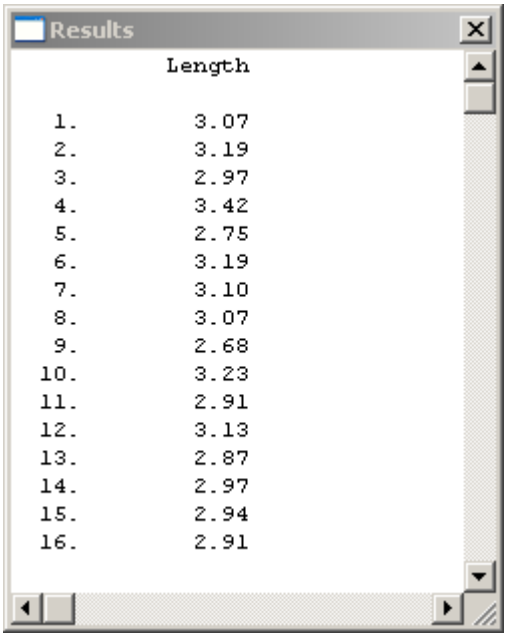

k03_0001.bmp*
1
2
3
9
11
12
4
5
10
6
15
16
14
7
13
18
17
8
19



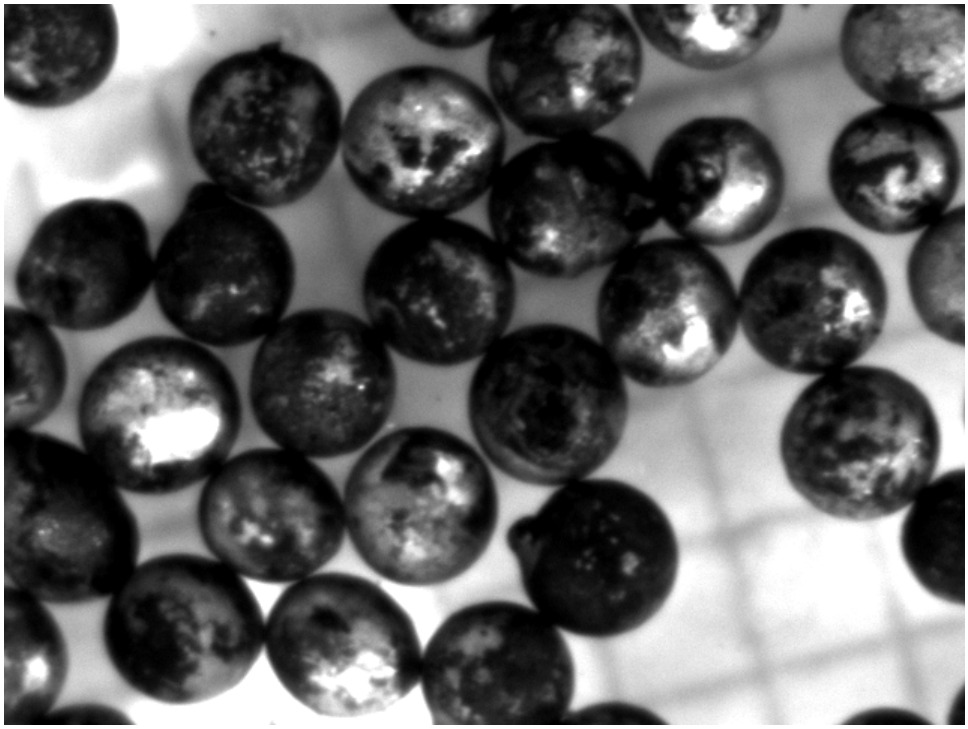
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,870	0,914	2,622
2	2,810	0,894	2,513
3	2,940	0,936	2,751
4	3,100	0,987	3,059
5	3,160	1,006	3,179
6	3,420	1,089	3,723
7	2,940	0,936	2,751
8	2,940	0,936	2,751
9	3,260	1,038	3,383
10	2,970	0,945	2,808
11	3,190	1,015	3,239
12	2,940	0,936	2,751
13	2,840	0,904	2,567
14	3,130	0,996	3,118
15	3,070	0,977	3,000
16	2,780	0,885	2,460
17	2,710	0,863	2,338
18	2,910	0,926	2,695
19	3,290	1,047	3,445



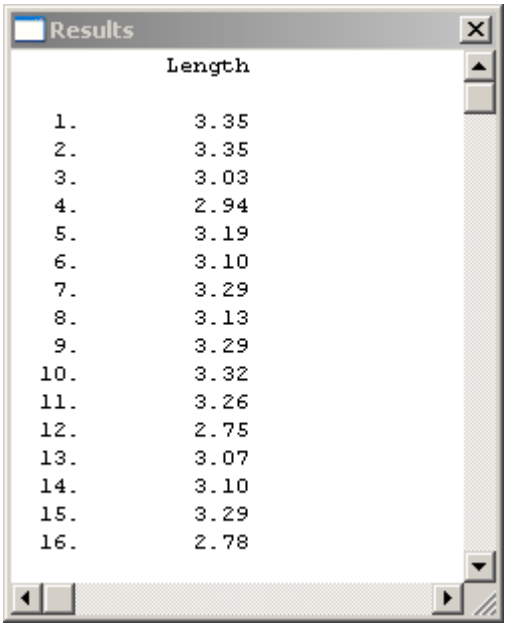

k04_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



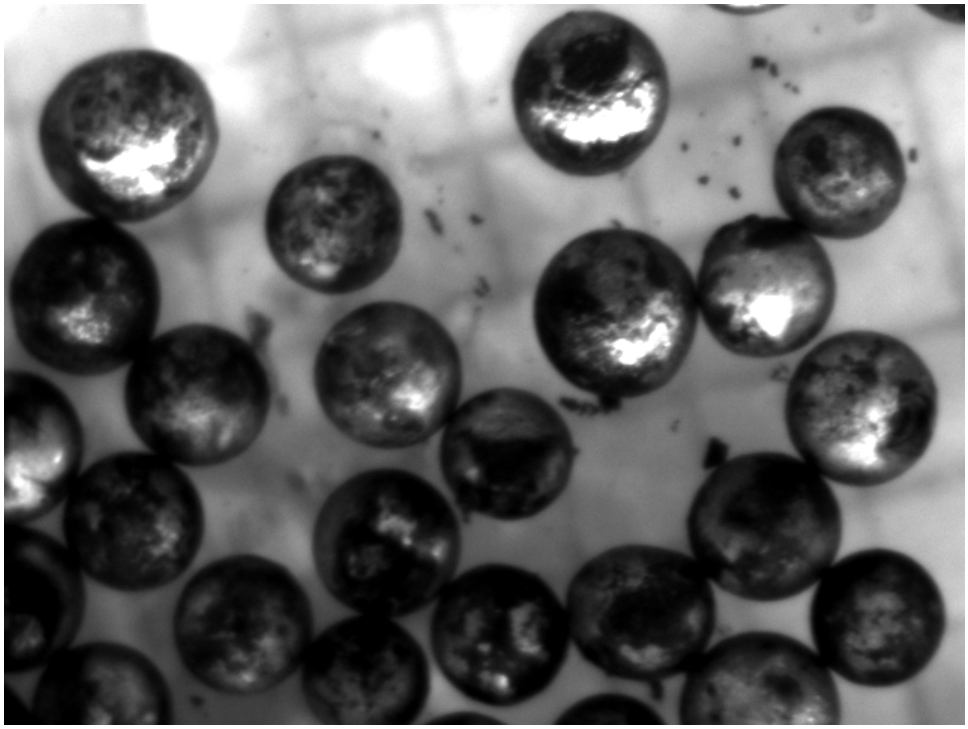
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,070	0,977	3,000
2	3,190	1,015	3,239
3	2,970	0,945	2,808
4	3,420	1,089	3,723
5	2,750	0,875	2,407
6	3,190	1,015	3,239
7	3,100	0,987	3,059
8	3,070	0,977	3,000
9	2,680	0,853	2,286
10	3,230	1,028	3,321
11	2,910	0,926	2,695
12	3,130	0,996	3,118
13	2,870	0,914	2,622
14	2,970	0,945	2,808
15	2,940	0,936	2,751
16	2,910	0,926	2,695

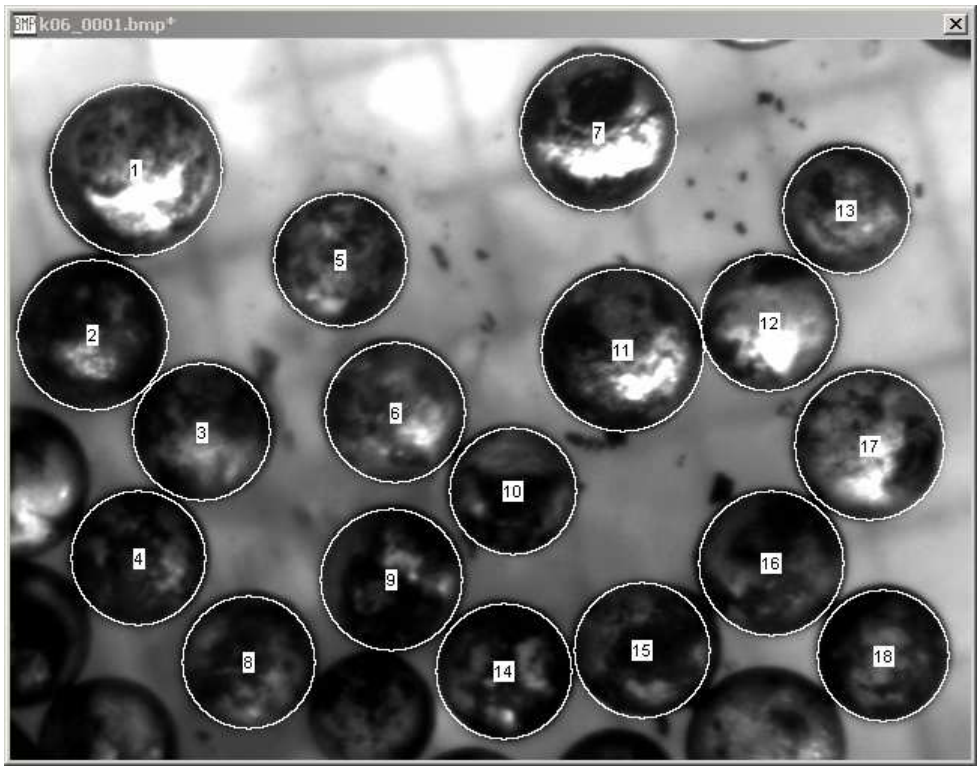


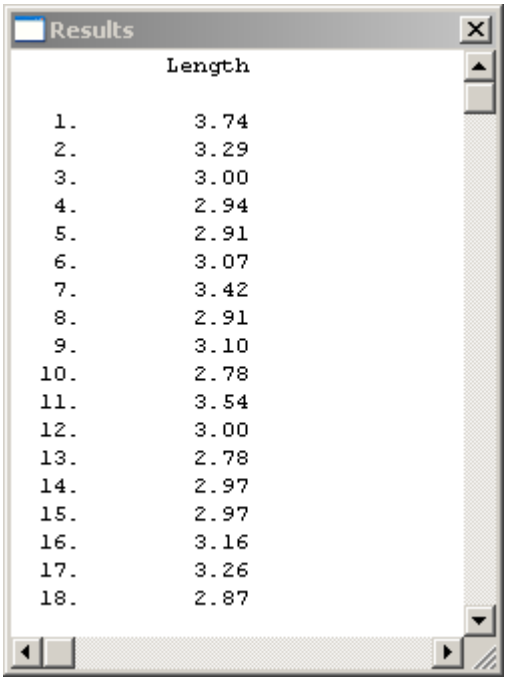

k05_0001.bmp*
1
9
12
16
8
13
14
3
2
10
15
4
7
11
5
6



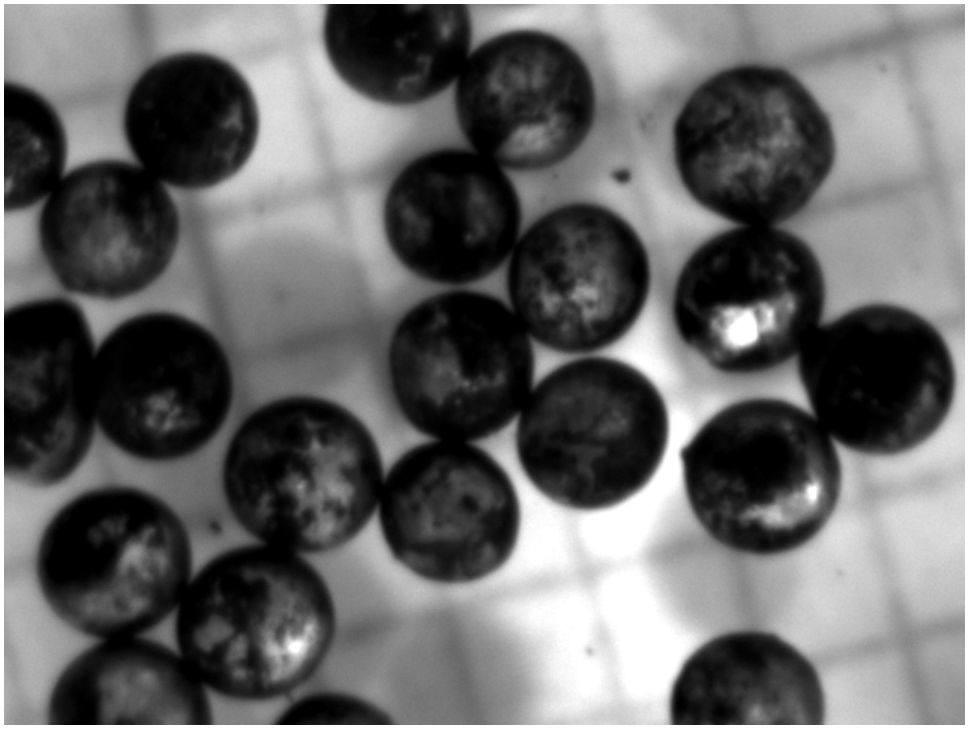
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,350	1,066	3,572
2	3,350	1,066	3,572
3	3,030	0,964	2,922
4	2,940	0,936	2,751
5	3,190	1,015	3,239
6	3,100	0,987	3,059
7	3,290	1,047	3,445
8	3,130	0,996	3,118
9	3,290	1,047	3,445
10	3,320	1,057	3,509
11	3,260	1,038	3,383
12	2,750	0,875	2,407
13	3,070	0,977	3,000
14	3,100	0,987	3,059
15	3,290	1,047	3,445
16	2,780	0,885	2,460

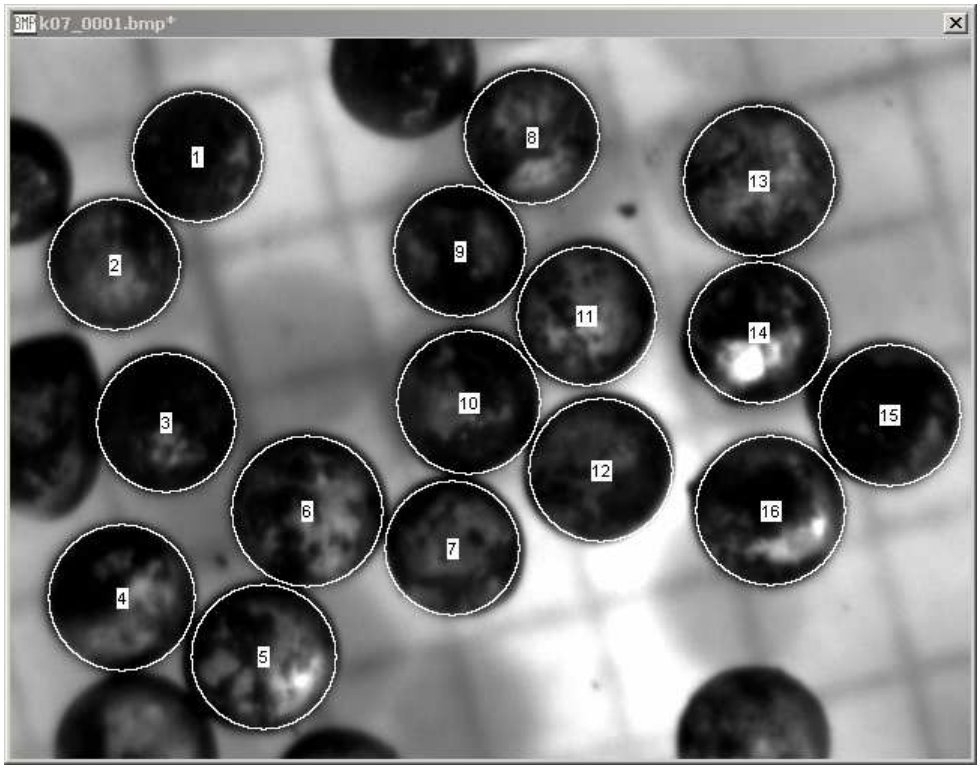


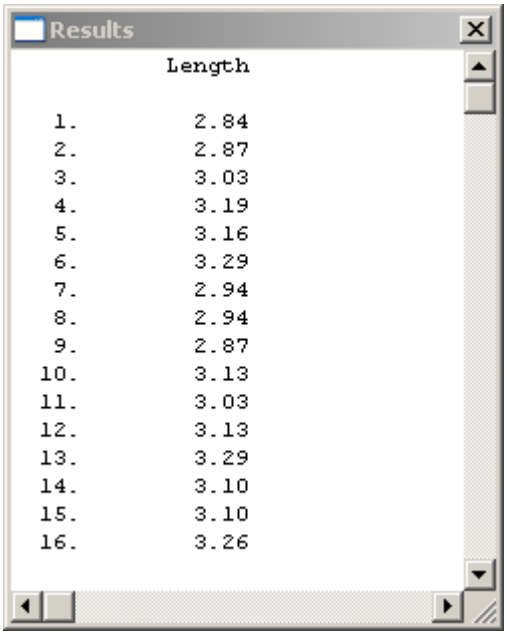

k06_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



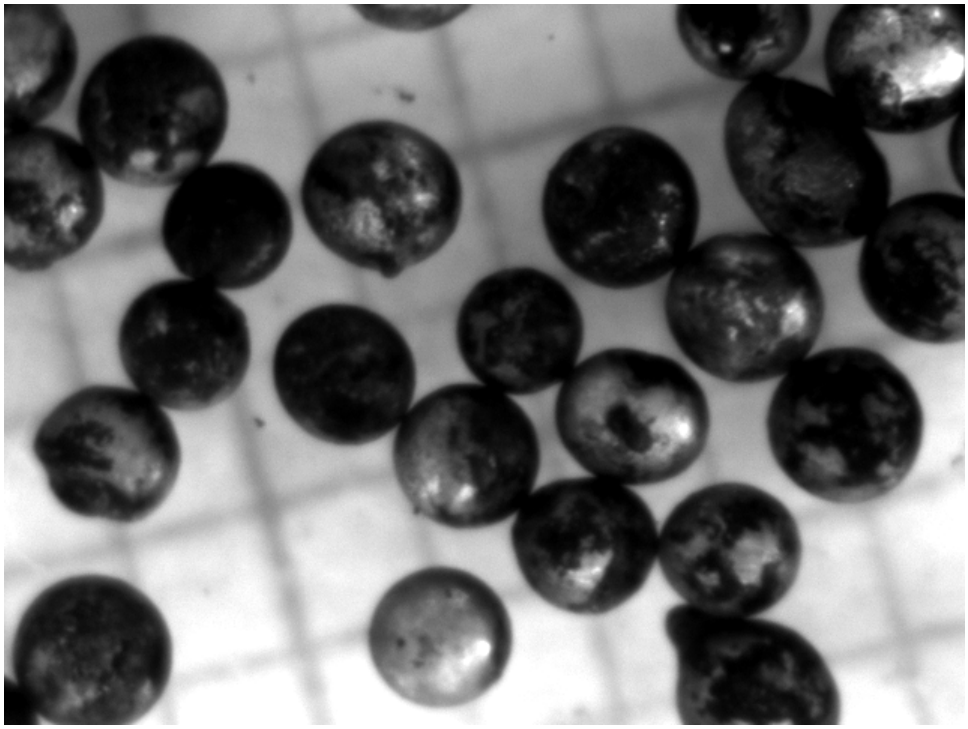
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,740	1,190	4,452
2	3,290	1,047	3,445
3	3,000	0,955	2,865
4	2,940	0,936	2,751
5	2,910	0,926	2,695
6	3,070	0,977	3,000
7	3,420	1,089	3,723
8	2,910	0,926	2,695
9	3,100	0,987	3,059
10	2,780	0,885	2,460
11	3,540	1,127	3,989
12	3,000	0,955	2,865
13	2,780	0,885	2,460
14	2,970	0,945	2,808
15	2,970	0,945	2,808
16	3,160	1,006	3,179
17	3,260	1,038	3,383
18	2,870	0,914	2,622



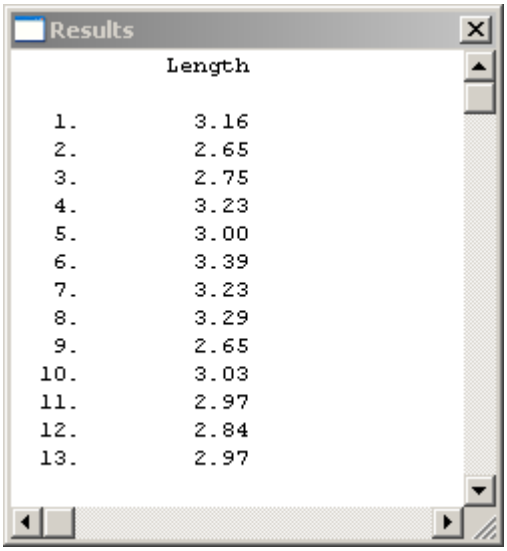

k07_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



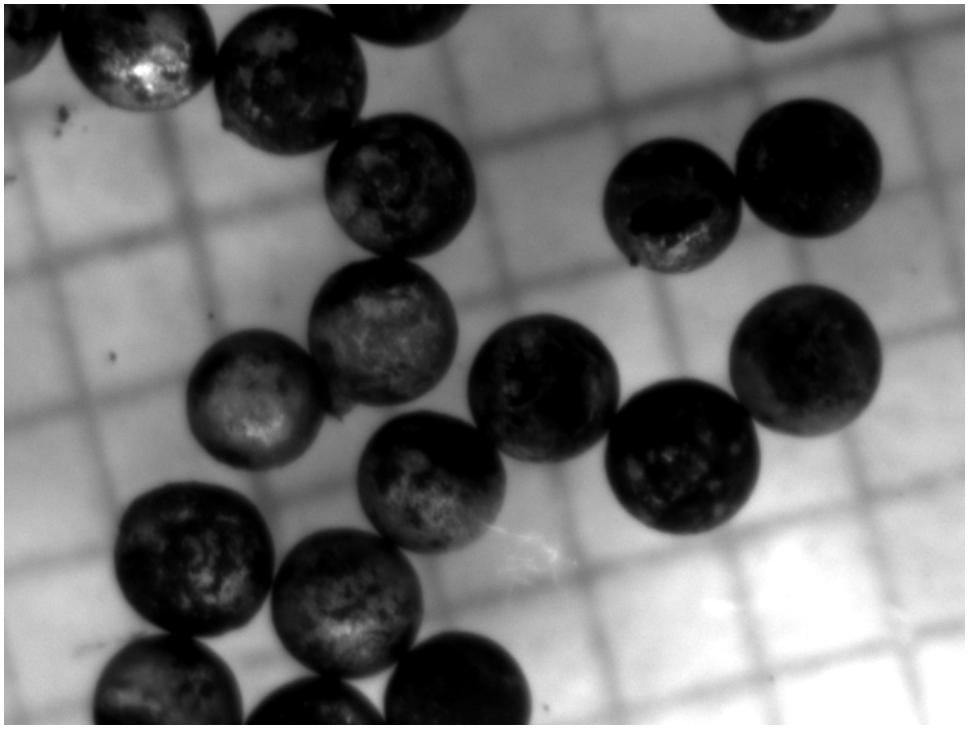
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,840	0,904	2,567
2	2,870	0,914	2,622
3	3,030	0,964	2,922
4	3,190	1,015	3,239
5	3,160	1,006	3,179
6	3,290	1,047	3,445
7	2,940	0,936	2,751
8	2,940	0,936	2,751
9	2,870	0,914	2,622
10	3,130	0,996	3,118
11	3,030	0,964	2,922
12	3,130	0,996	3,118
13	3,290	1,047	3,445
14	3,100	0,987	3,059
15	3,100	0,987	3,059
16	3,260	1,038	3,383

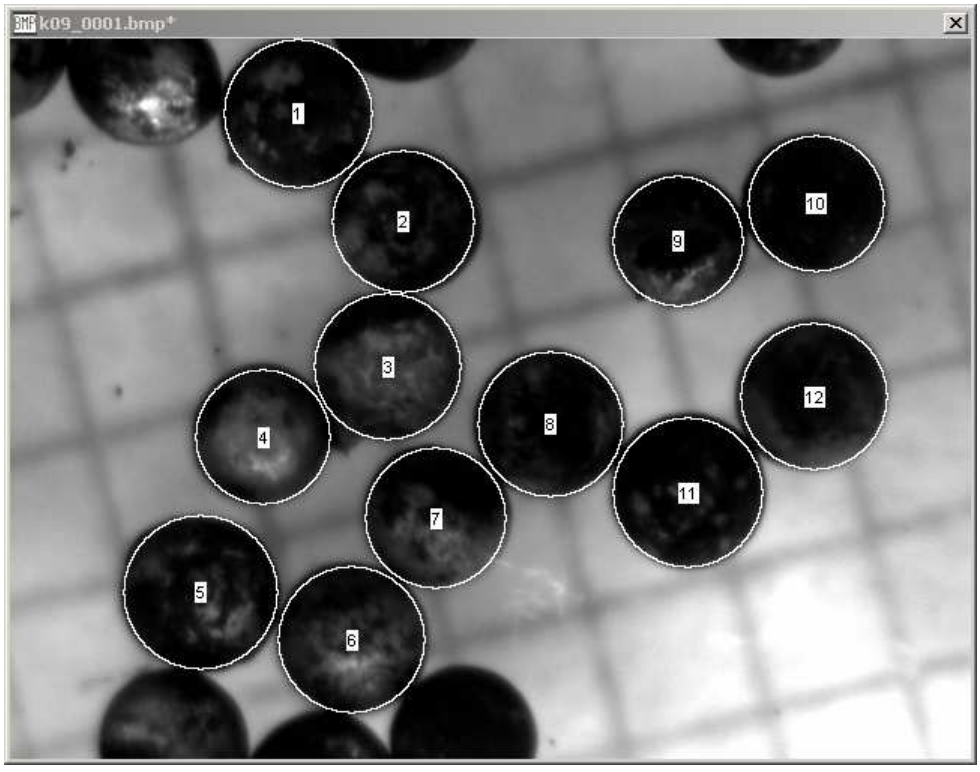


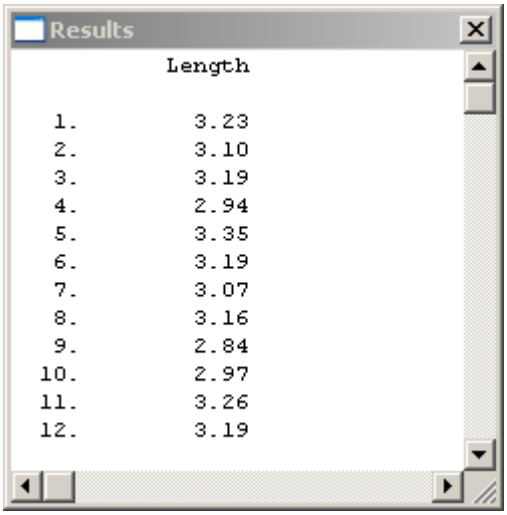

k08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



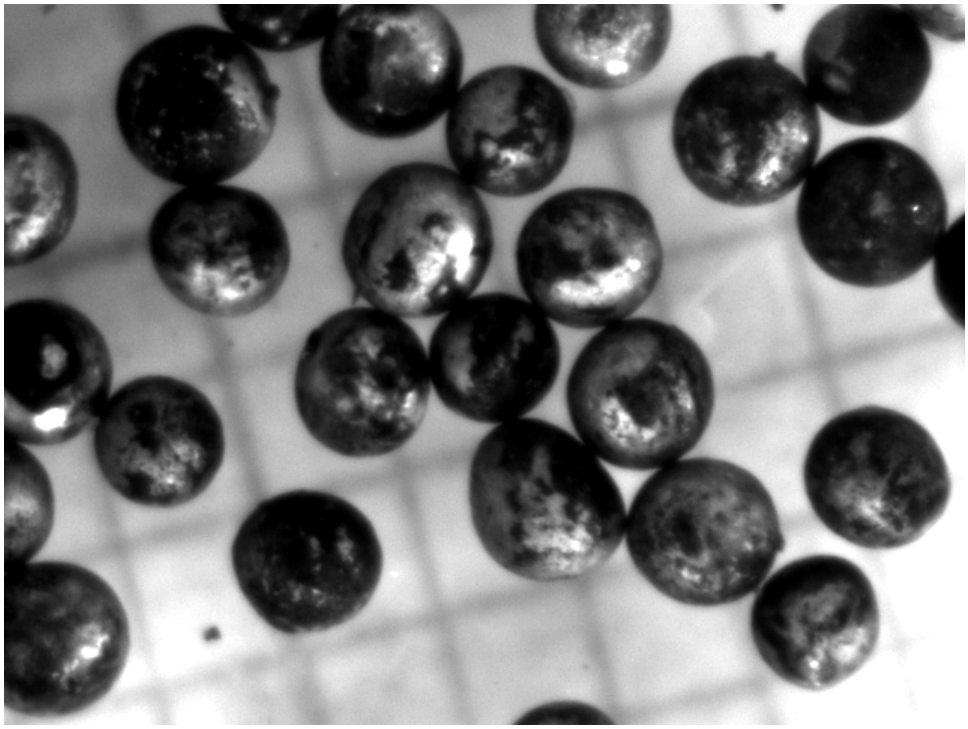
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,160	1,006	3,179
2	2,650	0,844	2,235
3	2,750	0,875	2,407
4	3,230	1,028	3,321
5	3,000	0,955	2,865
6	3,390	1,079	3,658
7	3,230	1,028	3,321
8	3,290	1,047	3,445
9	2,650	0,844	2,235
10	3,030	0,964	2,922
11	2,970	0,945	2,808
12	2,840	0,904	2,567
13	2,970	0,945	2,808



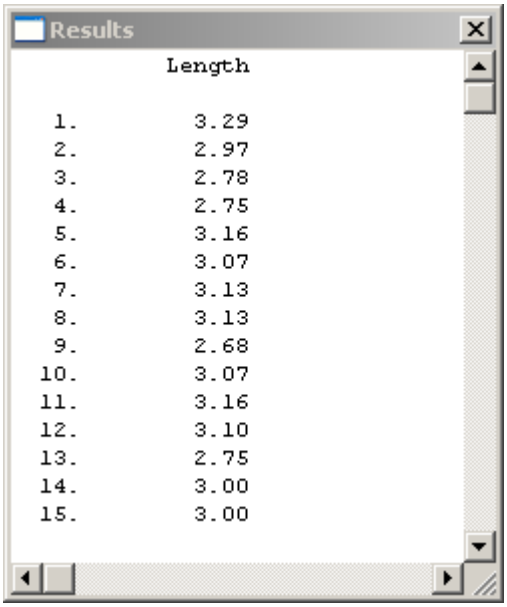

k09_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12



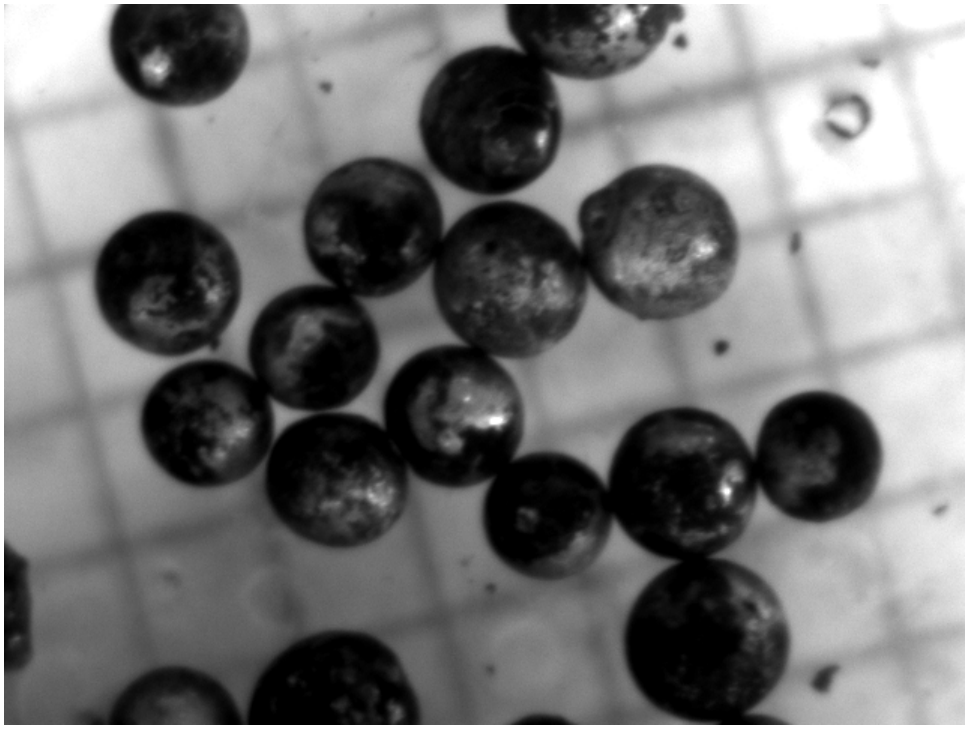
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,230	1,028	3,321
2	3,100	0,987	3,059
3	3,190	1,015	3,239
4	2,940	0,936	2,751
5	3,350	1,066	3,572
6	3,190	1,015	3,239
7	3,070	0,977	3,000
8	3,160	1,006	3,179
9	2,840	0,904	2,567
10	2,970	0,945	2,808
11	3,260	1,038	3,383
12	3,190	1,015	3,239

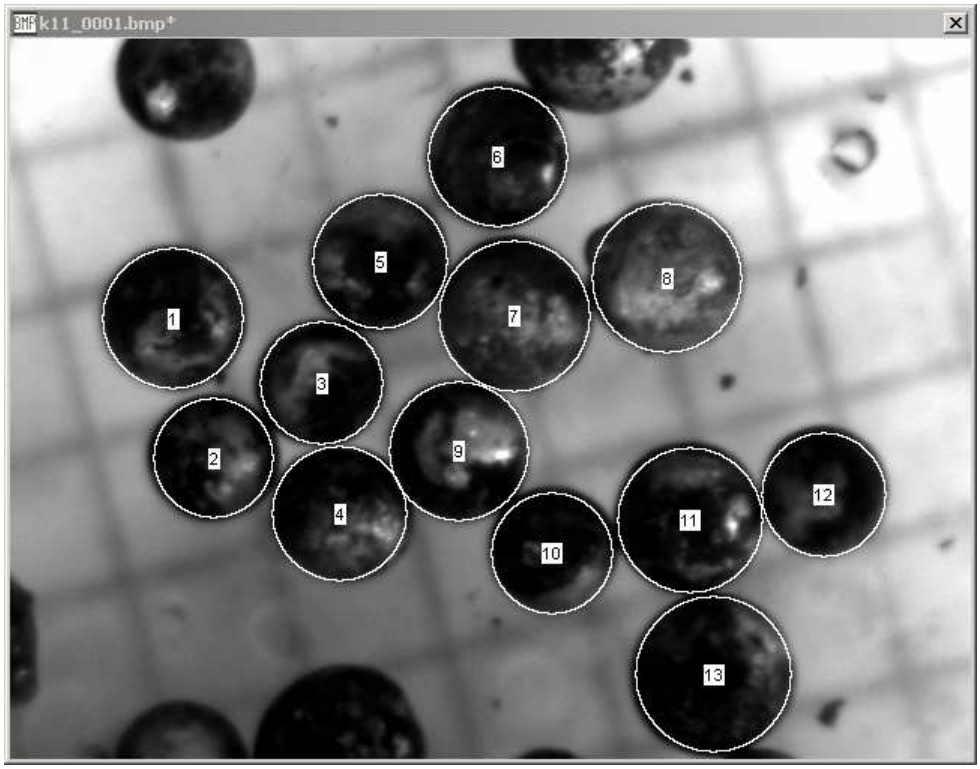


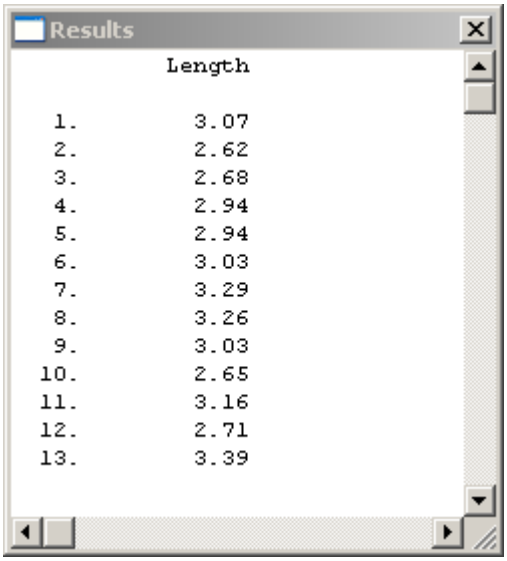

k10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



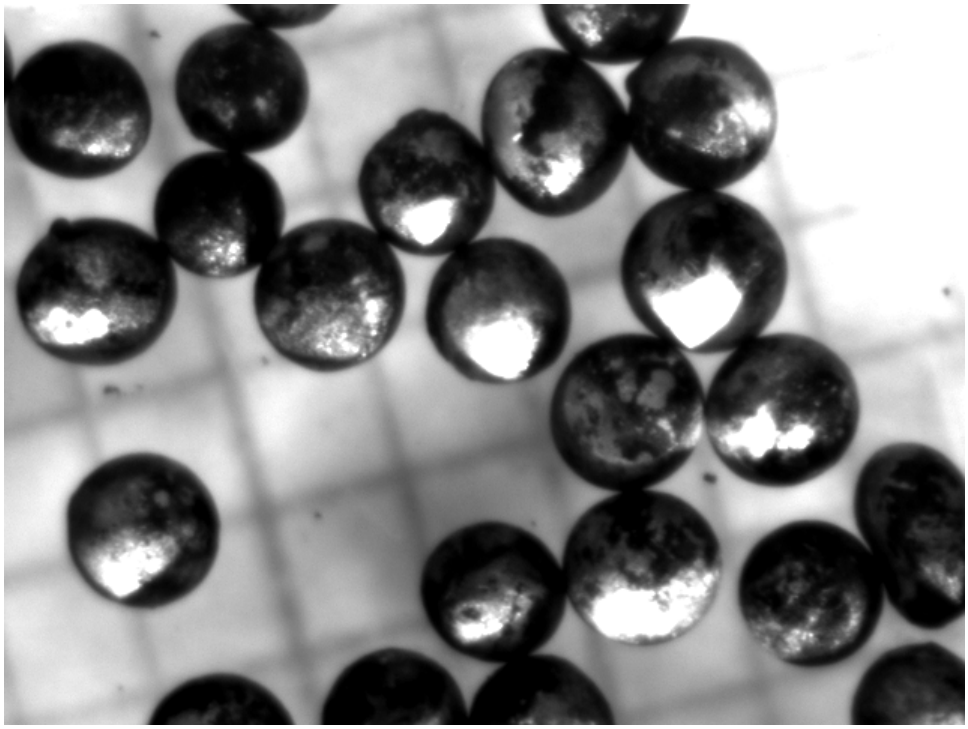
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,290	1,047	3,445
2	2,970	0,945	2,808
3	2,780	0,885	2,460
4	2,750	0,875	2,407
5	3,160	1,006	3,179
6	3,070	0,977	3,000
7	3,130	0,996	3,118
8	3,130	0,996	3,118
9	2,680	0,853	2,286
10	3,070	0,977	3,000
11	3,160	1,006	3,179
12	3,100	0,987	3,059
13	2,750	0,875	2,407
14	3,000	0,955	2,865
15	3,000	0,955	2,865



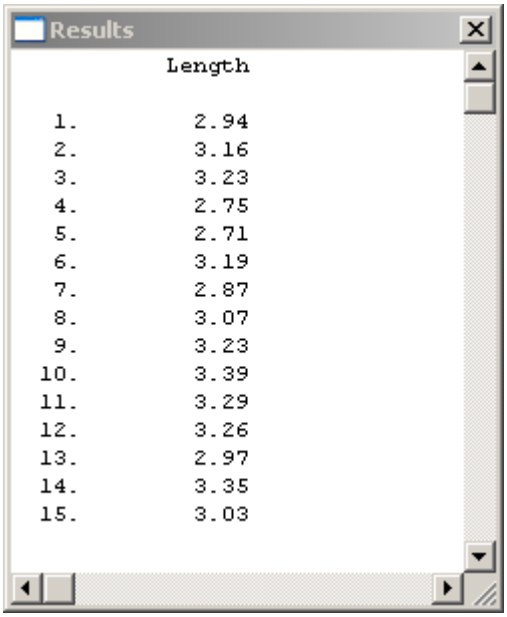

k11_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



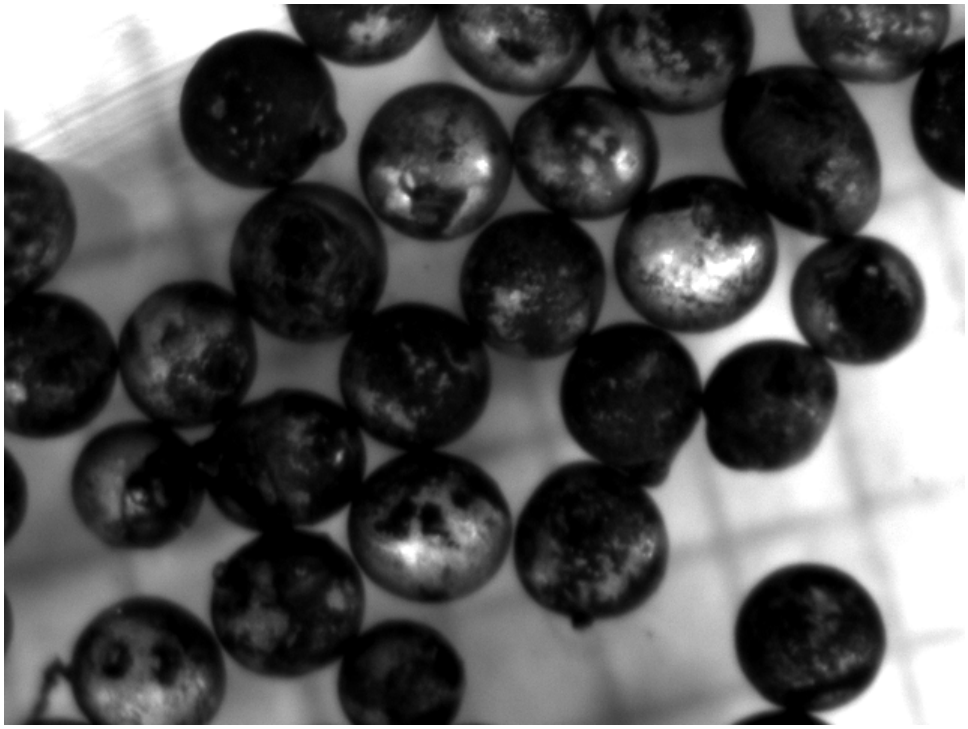
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,070	0,977	3,000
2	2,620	0,834	2,185
3	2,680	0,853	2,286
4	2,940	0,936	2,751
5	2,940	0,936	2,751
6	3,030	0,964	2,922
7	3,290	1,047	3,445
8	3,260	1,038	3,383
9	3,030	0,964	2,922
10	2,650	0,844	2,235
11	3,160	1,006	3,179
12	2,710	0,863	2,338
13	3,390	1,079	3,658



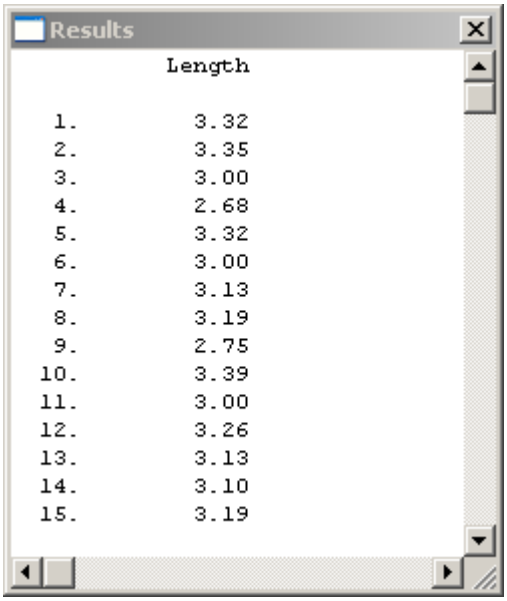

k12_0001.bmp*
1
5
9
7
4
2
6
8
10
11
12
3
14
13
15



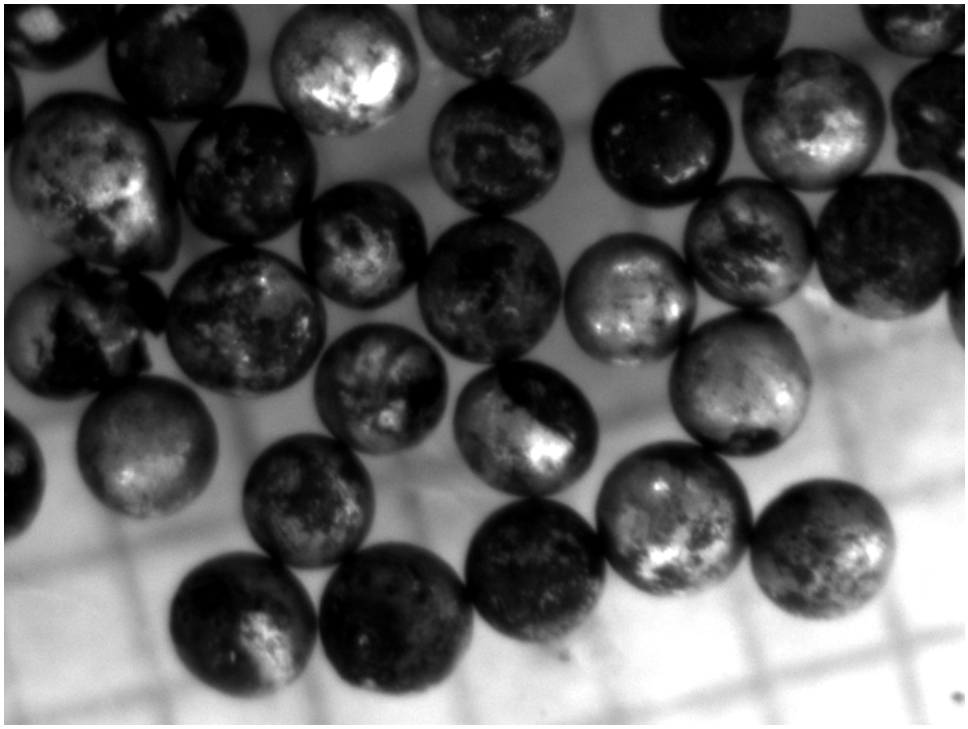
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,940	0,936	2,751
2	3,160	1,006	3,179
3	3,230	1,028	3,321
4	2,750	0,875	2,407
5	2,710	0,863	2,338
6	3,190	1,015	3,239
7	2,870	0,914	2,622
8	3,070	0,977	3,000
9	3,230	1,028	3,321
10	3,390	1,079	3,658
11	3,290	1,047	3,445
12	3,260	1,038	3,383
13	2,970	0,945	2,808
14	3,350	1,066	3,572
15	3,030	0,964	2,922



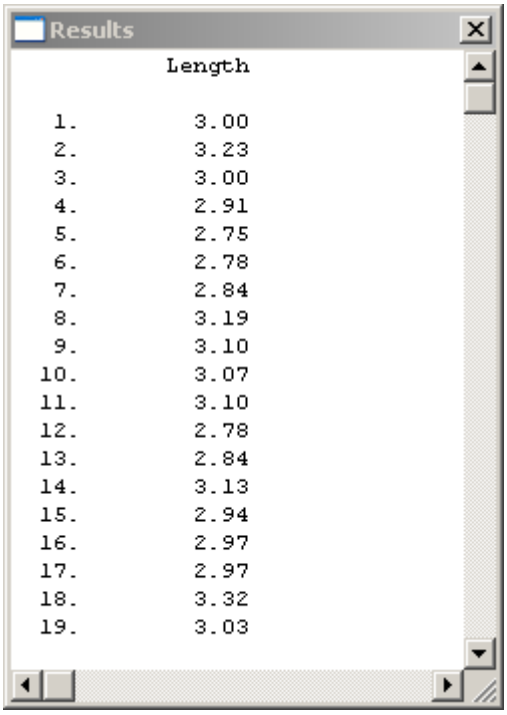

k13_0001.bmp*
1
5
6
2
10
7
9
3
8
11
4
12
15
13
14



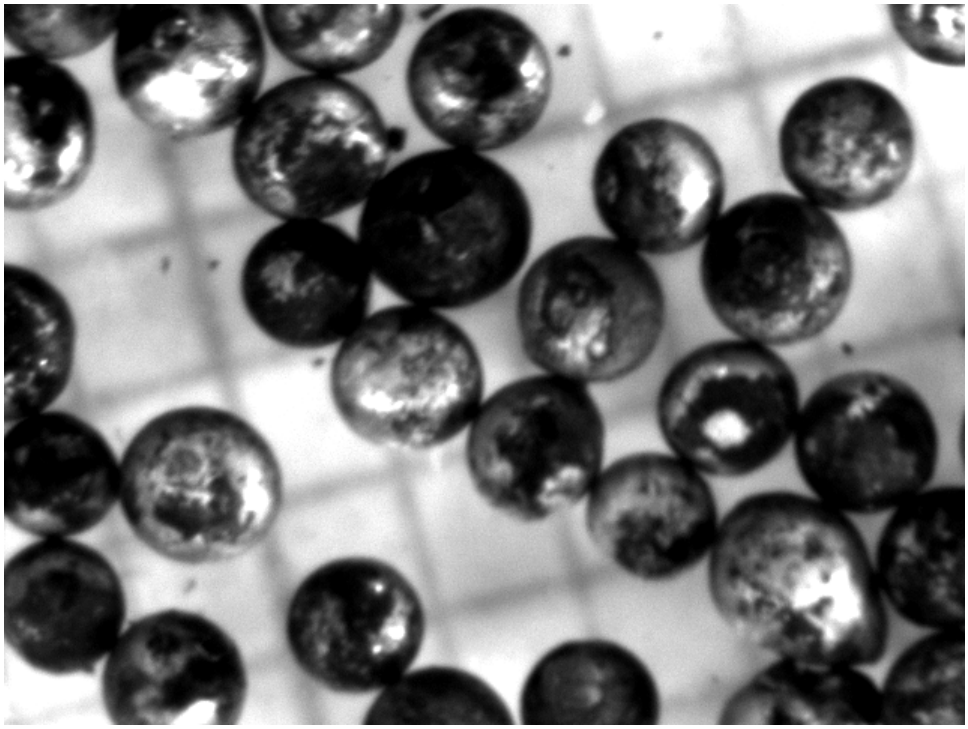
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,320	1,057	3,509
2	3,350	1,066	3,572
3	3,000	0,955	2,865
4	2,680	0,853	2,286
5	3,320	1,057	3,509
6	3,000	0,955	2,865
7	3,130	0,996	3,118
8	3,190	1,015	3,239
9	2,750	0,875	2,407
10	3,390	1,079	3,658
11	3,000	0,955	2,865
12	3,260	1,038	3,383
13	3,130	0,996	3,118
14	3,100	0,987	3,059
15	3,190	1,015	3,239



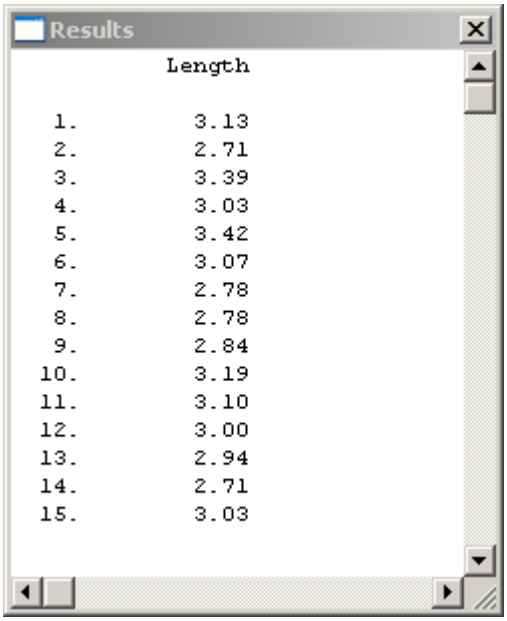

k14_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,000	0,955	2,865
2	3,230	1,028	3,321
3	3,000	0,955	2,865
4	2,910	0,926	2,695
5	2,750	0,875	2,407
6	2,780	0,885	2,460
7	2,840	0,904	2,567
8	3,190	1,015	3,239
9	3,100	0,987	3,059
10	3,070	0,977	3,000
11	3,100	0,987	3,059
12	2,780	0,885	2,460
13	2,840	0,904	2,567
14	3,130	0,996	3,118
15	2,940	0,936	2,751
16	2,970	0,945	2,808
17	2,970	0,945	2,808
18	3,320	1,057	3,509
19	3,030	0,964	2,922

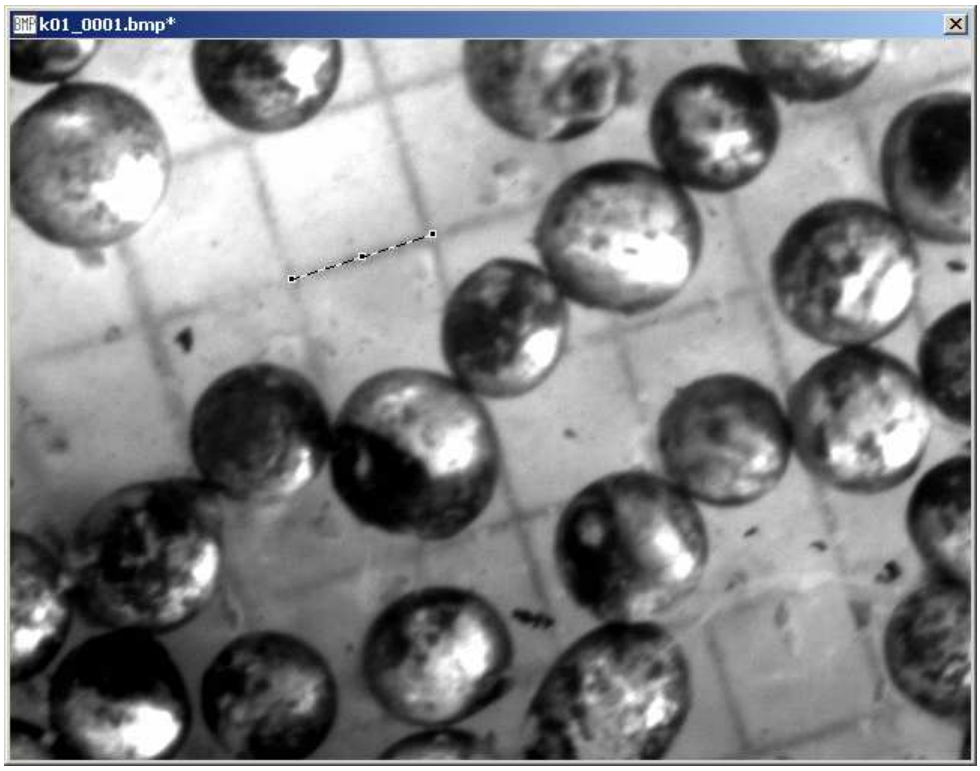


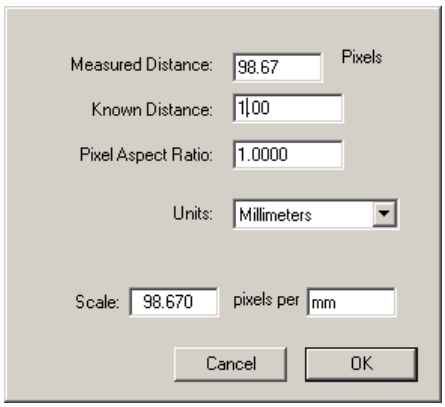

k15_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

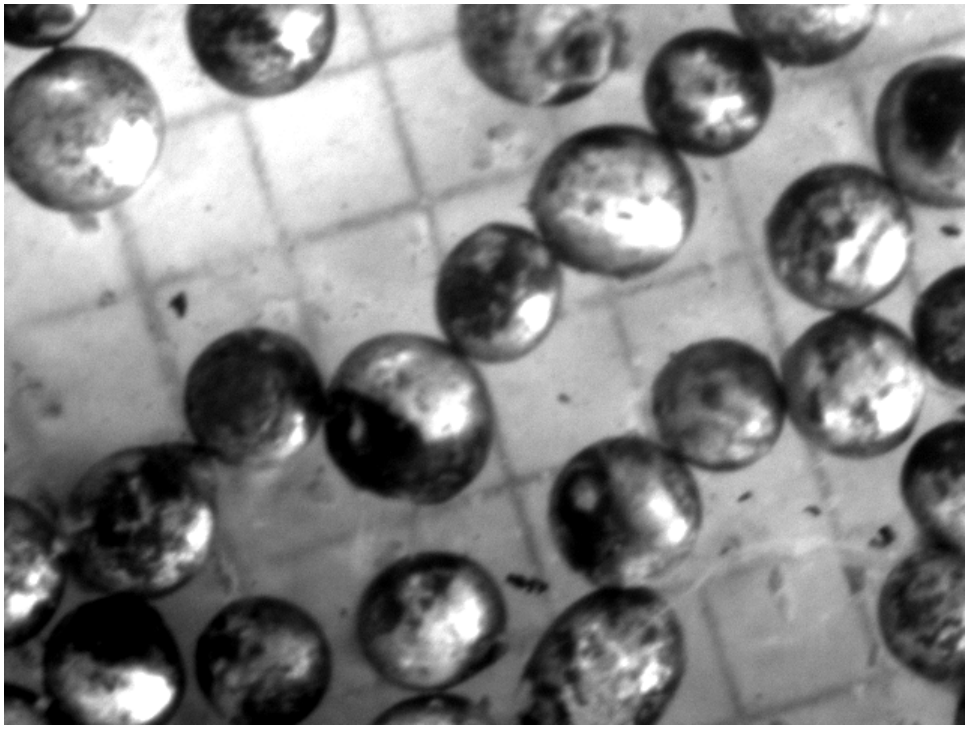


	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,130	0,996	3,118
2	2,710	0,863	2,338
3	3,390	1,079	3,658
4	3,030	0,964	2,922
5	3,420	1,089	3,723
6	3,070	0,977	3,000
7	2,780	0,885	2,460
8	2,780	0,885	2,460
9	2,840	0,904	2,567
10	3,190	1,015	3,239
11	3,100	0,987	3,059
12	3,000	0,955	2,865
13	2,940	0,936	2,751
14	2,710	0,863	2,338
15	3,030	0,964	2,922

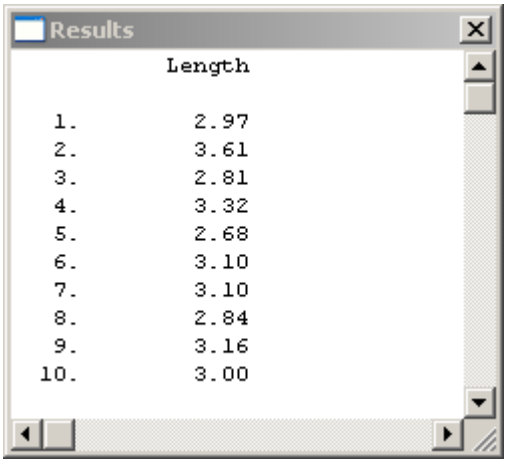
D.3.5 DIA 14 (05-MAIO-2009)



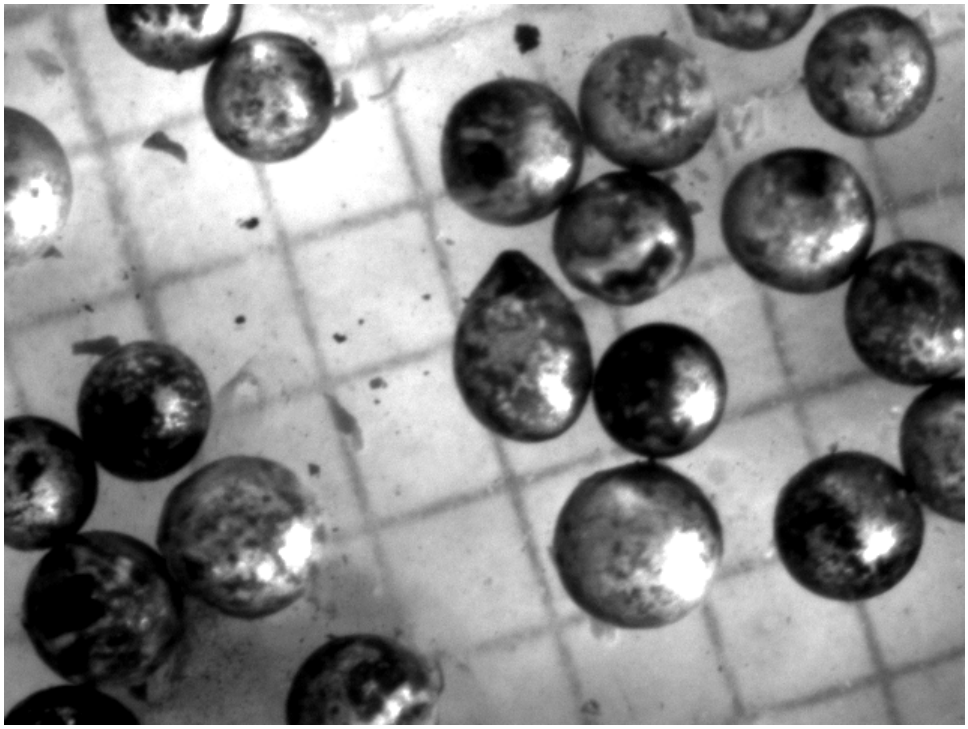




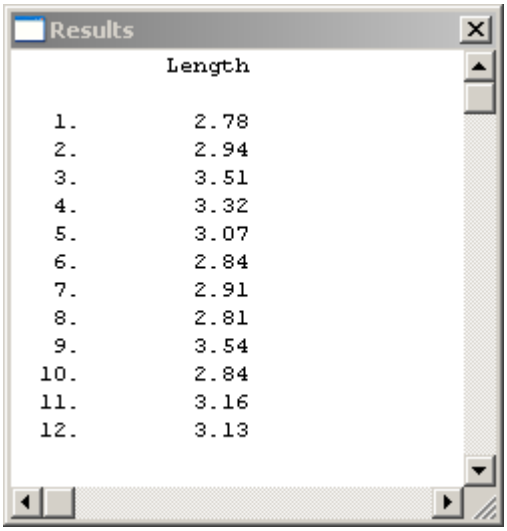

k01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10



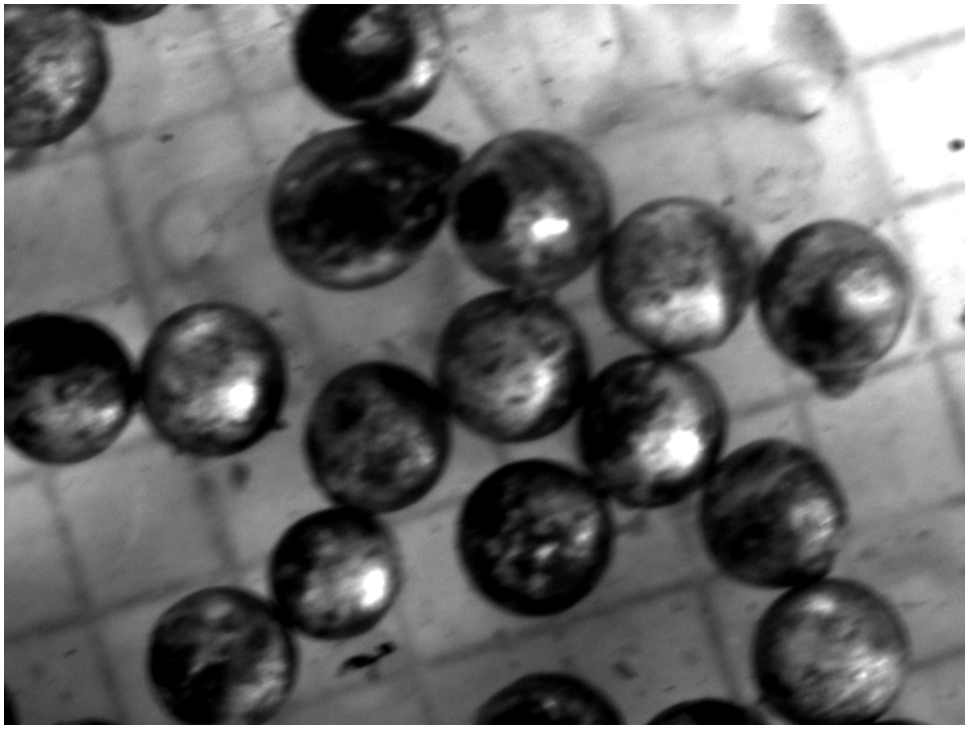
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,970	0,945	2,808
2	3,610	1,149	4,148
3	2,810	0,894	2,513
4	3,320	1,057	3,509
5	2,680	0,853	2,286
6	3,100	0,987	3,059
7	3,100	0,987	3,059
8	2,840	0,904	2,567
9	3,160	1,006	3,179
10	3,000	0,955	2,865



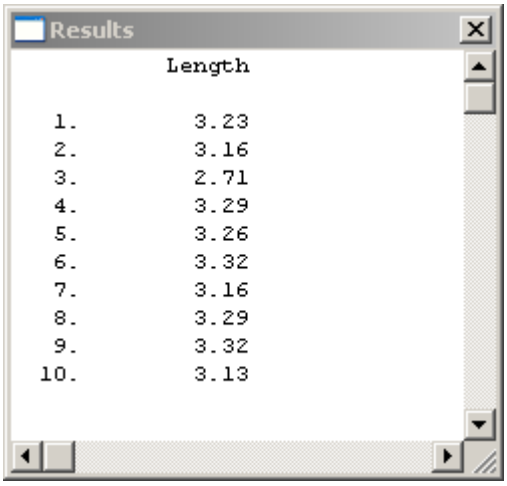

k02_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12



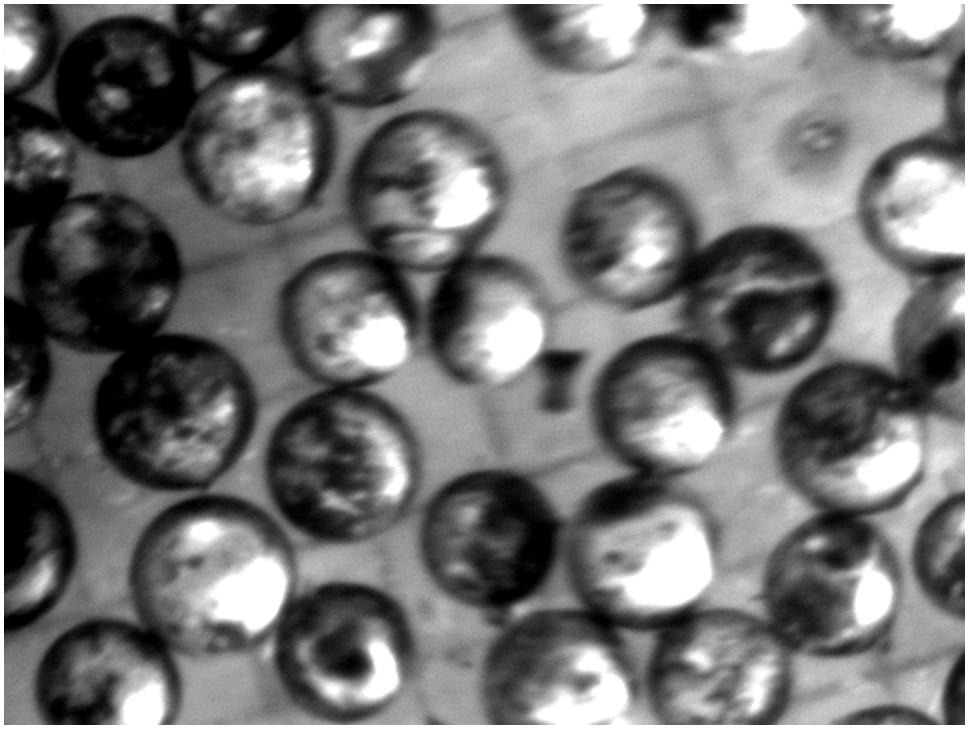
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,780	0,885	2,460
2	2,940	0,936	2,751
3	3,510	1,117	3,922
4	3,320	1,057	3,509
5	3,070	0,977	3,000
6	2,840	0,904	2,567
7	2,910	0,926	2,695
8	2,810	0,894	2,513
9	3,540	1,127	3,989
10	2,840	0,904	2,567
11	3,160	1,006	3,179
12	3,130	0,996	3,118



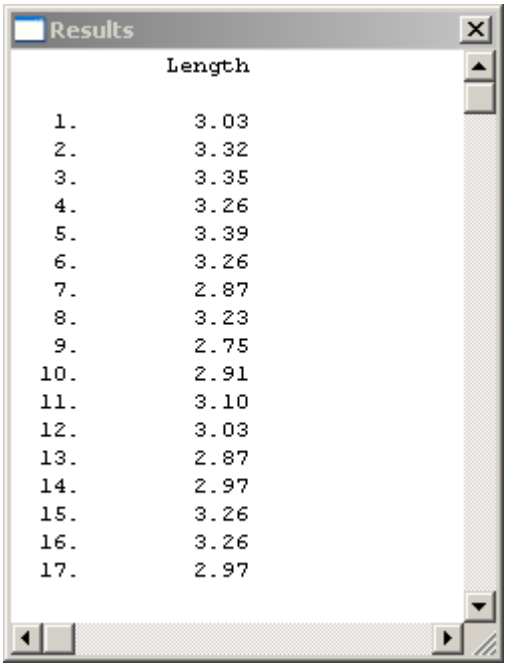

k03_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10



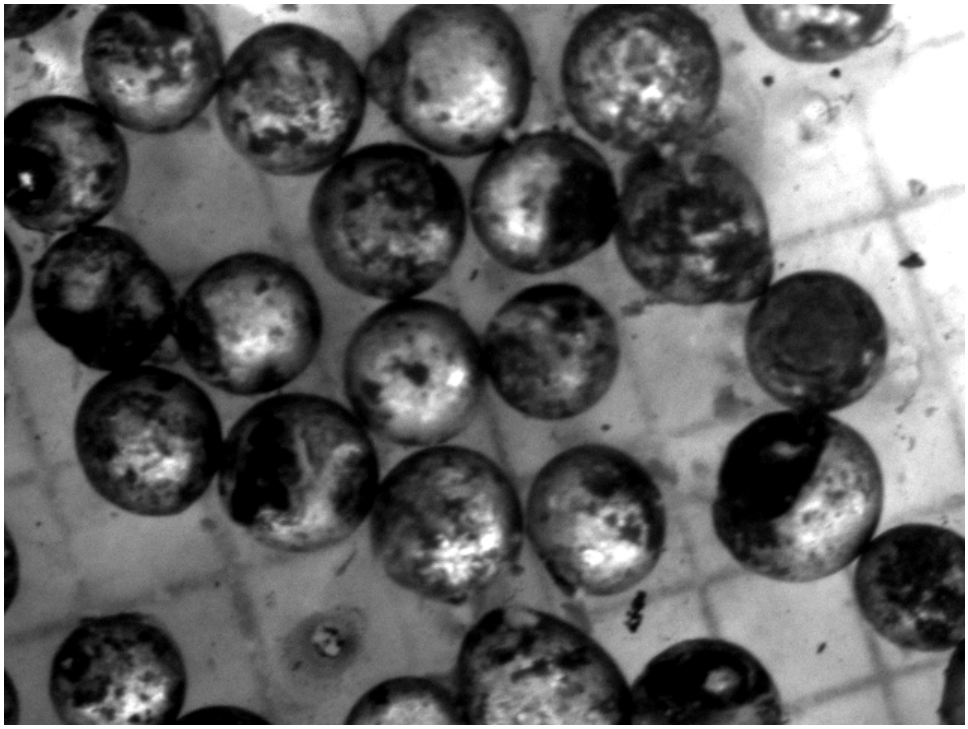
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,230	1,028	3,321
2	3,160	1,006	3,179
3	2,710	0,863	2,338
4	3,290	1,047	3,445
5	3,260	1,038	3,383
6	3,320	1,057	3,509
7	3,160	1,006	3,179
8	3,290	1,047	3,445
9	3,320	1,057	3,509
10	3,130	0,996	3,118



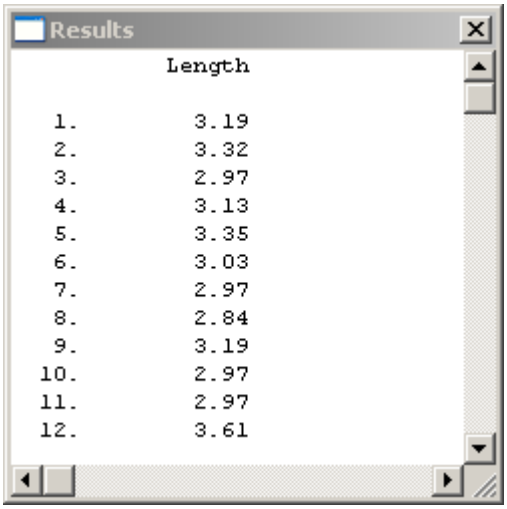

k04_0001.bmp*
1
2
6
10
3
7
9
11
4
12
16
8
13
15
5
17
14



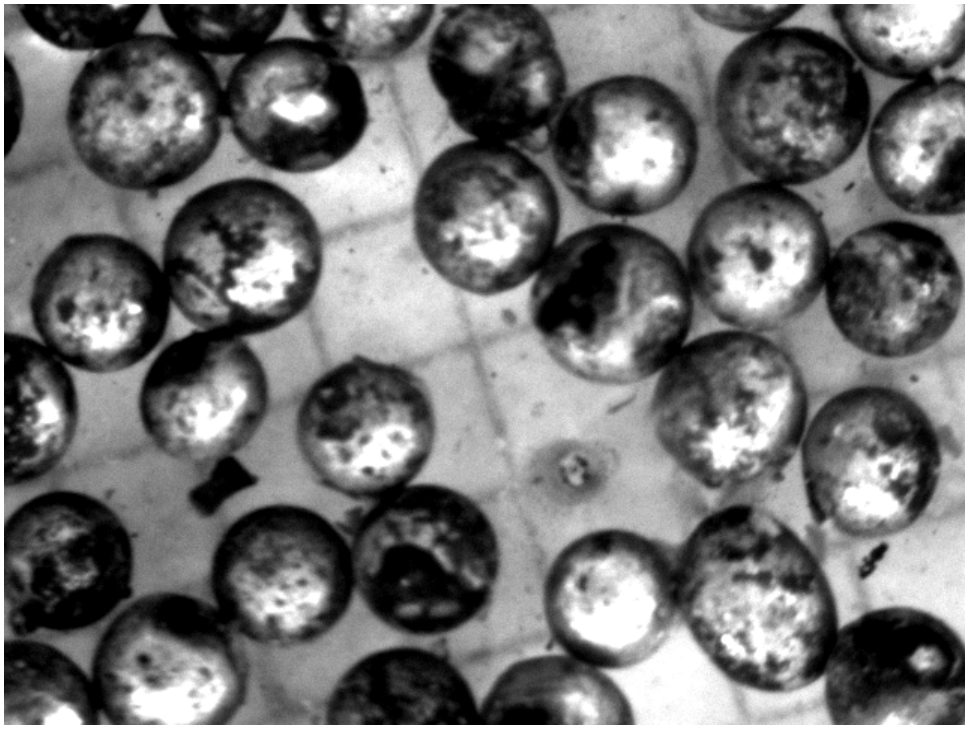
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,030	0,964	2,922
2	3,320	1,057	3,509
3	3,350	1,066	3,572
4	3,260	1,038	3,383
5	3,390	1,079	3,658
6	3,260	1,038	3,383
7	2,870	0,914	2,622
8	3,230	1,028	3,321
9	2,750	0,875	2,407
10	2,910	0,926	2,695
11	3,100	0,987	3,059
12	3,030	0,964	2,922
13	2,870	0,914	2,622
14	2,970	0,945	2,808
15	3,260	1,038	3,383
16	3,260	1,038	3,383
17	2,970	0,945	2,808



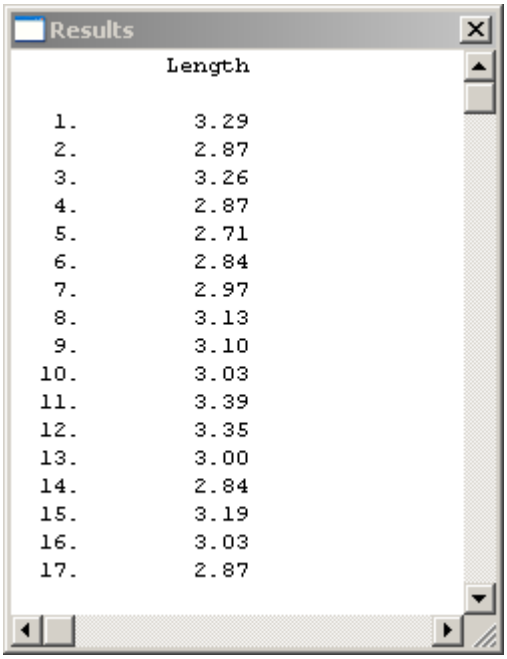

k05_0001.bmp*
1
2
7
3
6
8
11
4
5
9
10
12



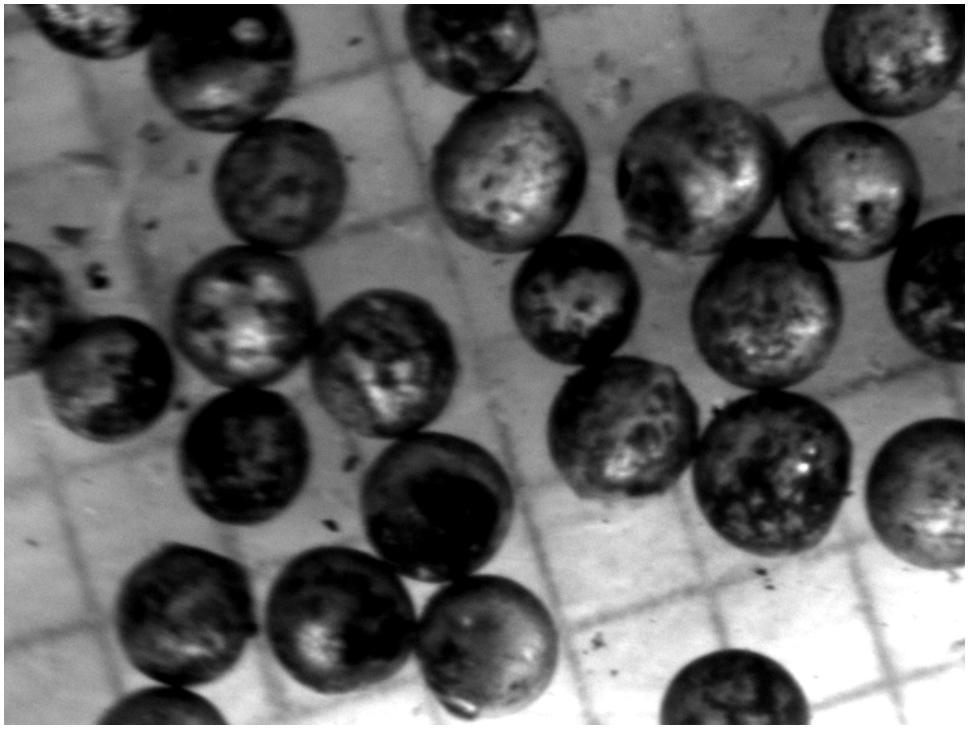
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,190	1,015	3,239
2	3,320	1,057	3,509
3	2,970	0,945	2,808
4	3,130	0,996	3,118
5	3,350	1,066	3,572
6	3,030	0,964	2,922
7	2,970	0,945	2,808
8	2,840	0,904	2,567
9	3,190	1,015	3,239
10	2,970	0,945	2,808
11	2,970	0,945	2,808
12	3,610	1,149	4,148



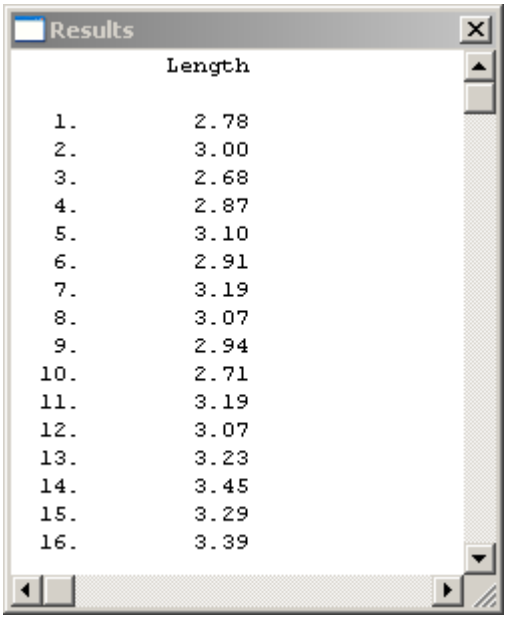

k06_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



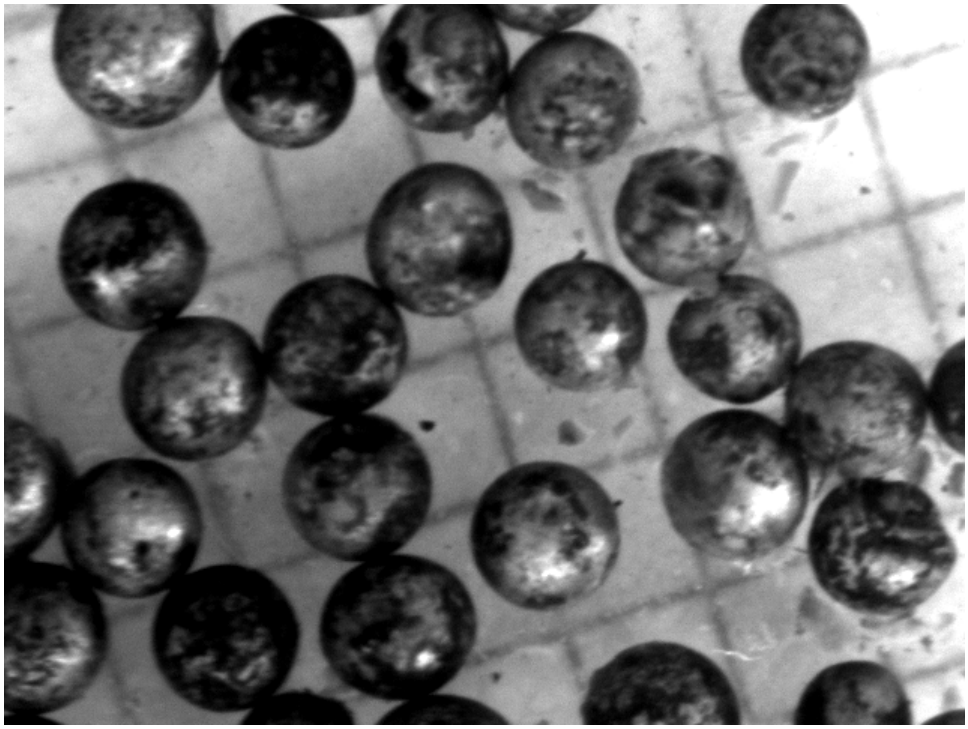
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,290	1,047	3,445
2	2,870	0,914	2,622
3	3,260	1,038	3,383
4	2,870	0,914	2,622
5	2,710	0,863	2,338
6	2,840	0,904	2,567
7	2,970	0,945	2,808
8	3,130	0,996	3,118
9	3,100	0,987	3,059
10	3,030	0,964	2,922
11	3,390	1,079	3,658
12	3,350	1,066	3,572
13	3,000	0,955	2,865
14	2,840	0,904	2,567
15	3,190	1,015	3,239
16	3,030	0,964	2,922
17	2,870	0,914	2,622



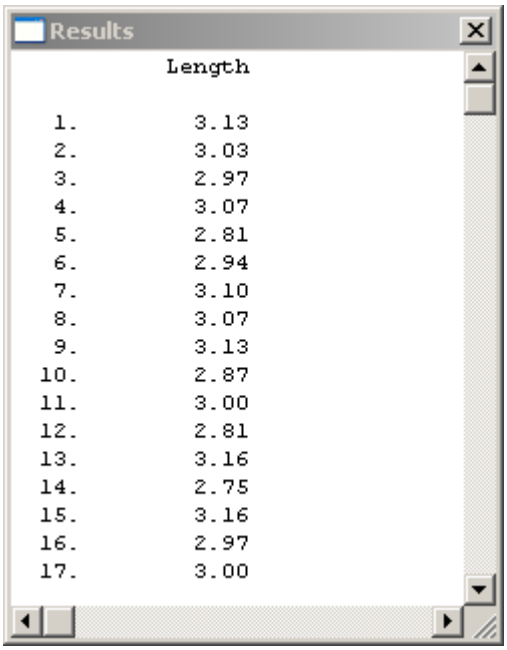

k07_0001.bmp*
1
15
16
12
2
10
13
3
5
11
4
14
7
6
8
9



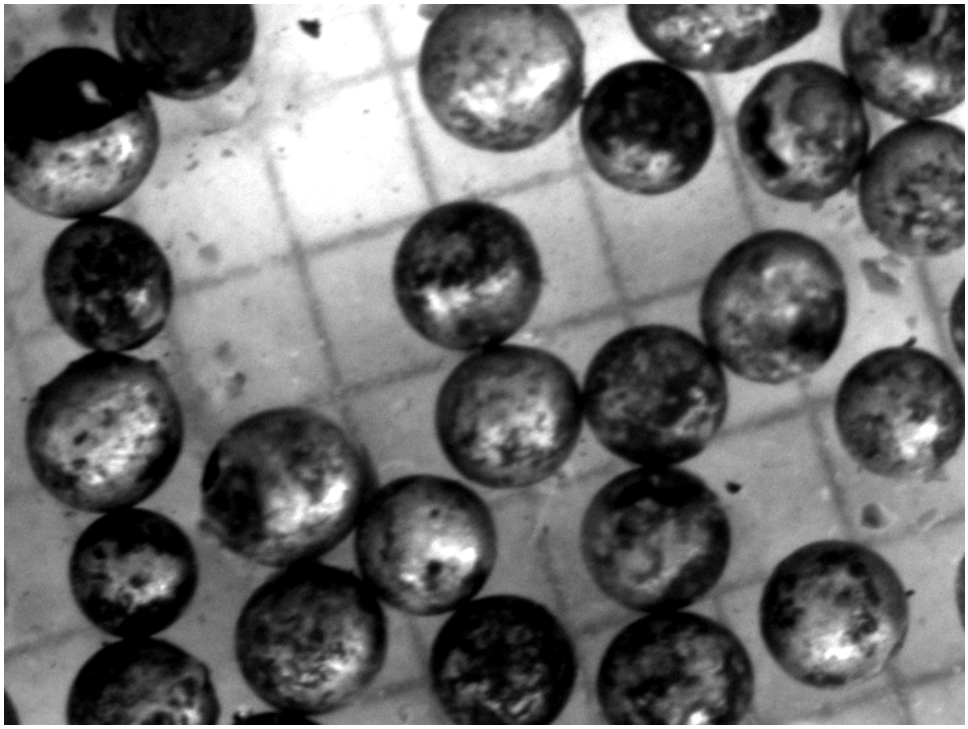
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,780	0,885	2,460
2	3,000	0,955	2,865
3	2,680	0,853	2,286
4	2,870	0,914	2,622
5	3,100	0,987	3,059
6	2,910	0,926	2,695
7	3,190	1,015	3,239
8	3,070	0,977	3,000
9	2,940	0,936	2,751
10	2,710	0,863	2,338
11	3,190	1,015	3,239
12	3,070	0,977	3,000
13	3,230	1,028	3,321
14	3,450	1,098	3,789
15	3,290	1,047	3,445
16	3,390	1,079	3,658



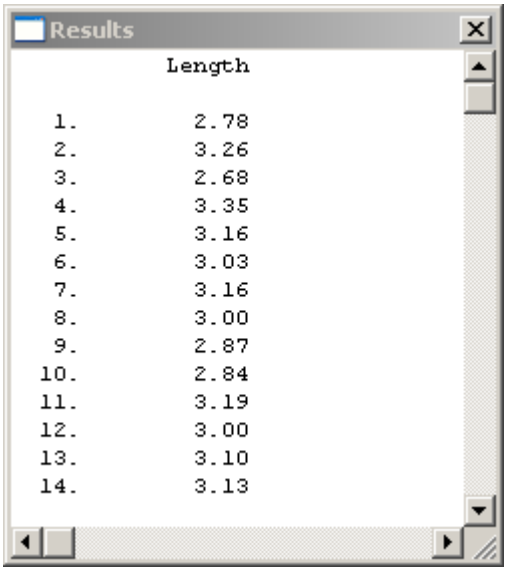

k08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



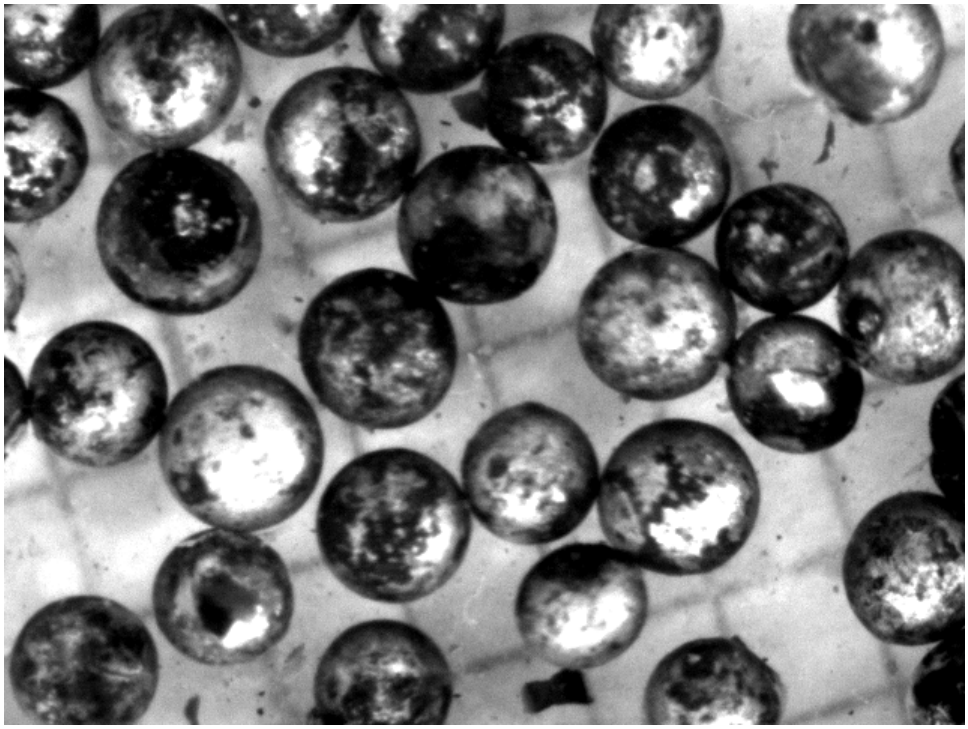
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,130	0,996	3,118
2	3,030	0,964	2,922
3	2,970	0,945	2,808
4	3,070	0,977	3,000
5	2,810	0,894	2,513
6	2,940	0,936	2,751
7	3,100	0,987	3,059
8	3,070	0,977	3,000
9	3,130	0,996	3,118
10	2,870	0,914	2,622
11	3,000	0,955	2,865
12	2,810	0,894	2,513
13	3,160	1,006	3,179
14	2,750	0,875	2,407
15	3,160	1,006	3,179
16	2,970	0,945	2,808
17	3,000	0,955	2,865



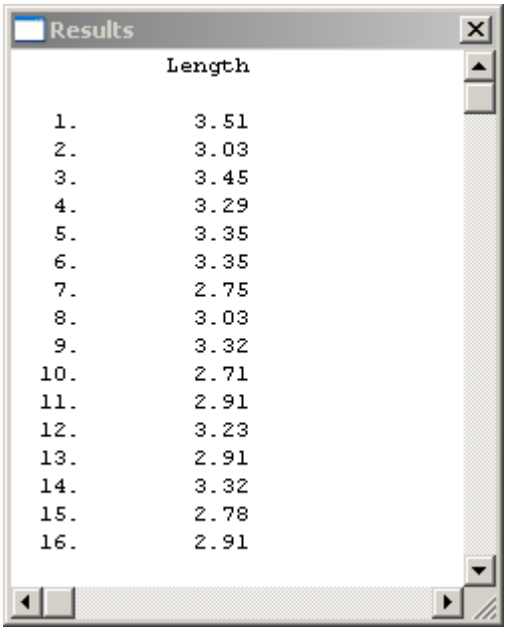

k09_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



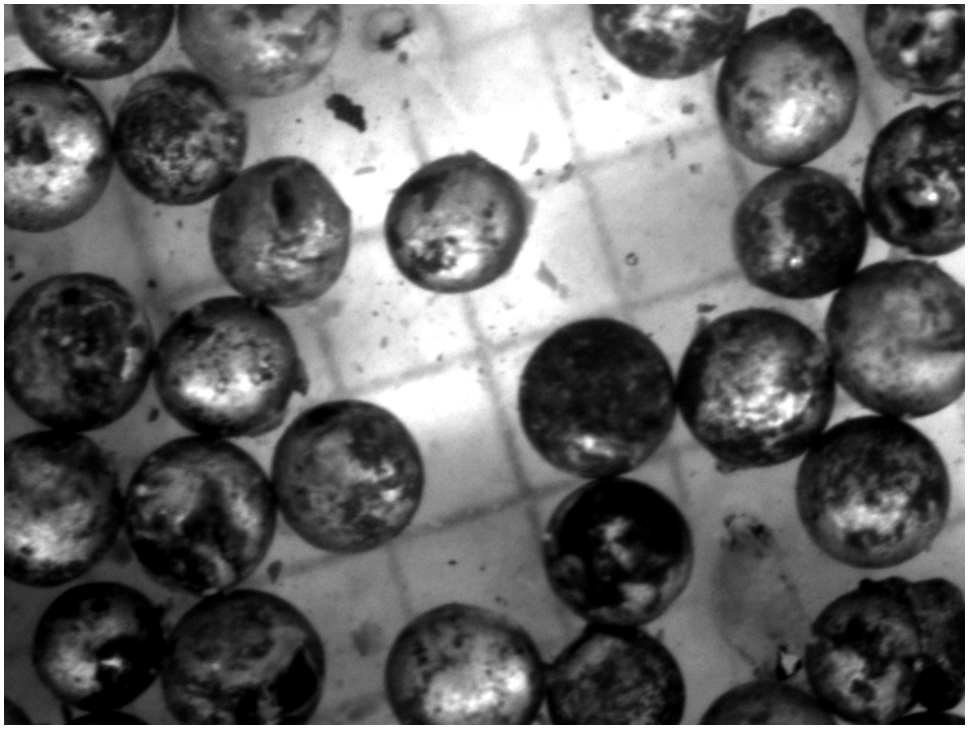
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,780	0,885	2,460
2	3,260	1,038	3,383
3	2,680	0,853	2,286
4	3,350	1,066	3,572
5	3,160	1,006	3,179
6	3,030	0,964	2,922
7	3,160	1,006	3,179
8	3,000	0,955	2,865
9	2,870	0,914	2,622
10	2,840	0,904	2,567
11	3,190	1,015	3,239
12	3,000	0,955	2,865
13	3,100	0,987	3,059
14	3,130	0,996	3,118



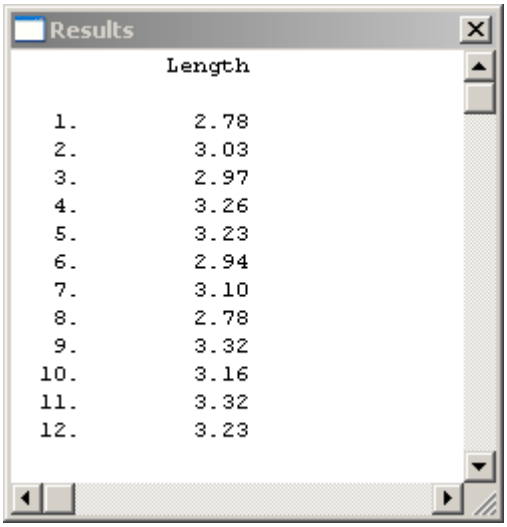

k10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



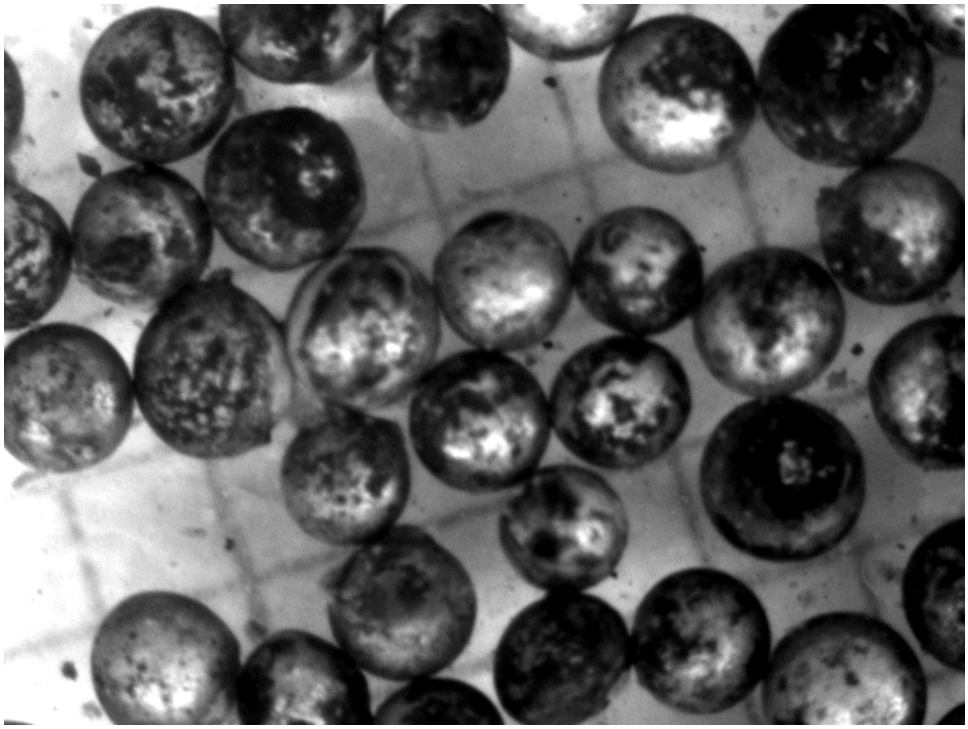
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,510	1,117	3,922
2	3,030	0,964	2,922
3	3,450	1,098	3,789
4	3,290	1,047	3,445
5	3,350	1,066	3,572
6	3,350	1,066	3,572
7	2,750	0,875	2,407
8	3,030	0,964	2,922
9	3,320	1,057	3,509
10	2,710	0,863	2,338
11	2,910	0,926	2,695
12	3,230	1,028	3,321
13	2,910	0,926	2,695
14	3,320	1,057	3,509
15	2,780	0,885	2,460
16	2,910	0,926	2,695



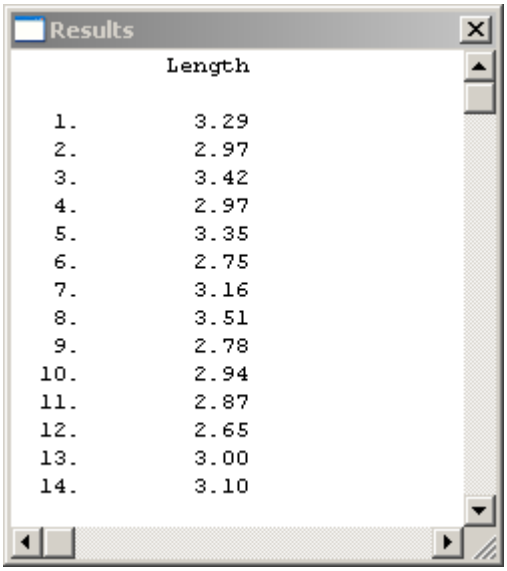

k11_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12



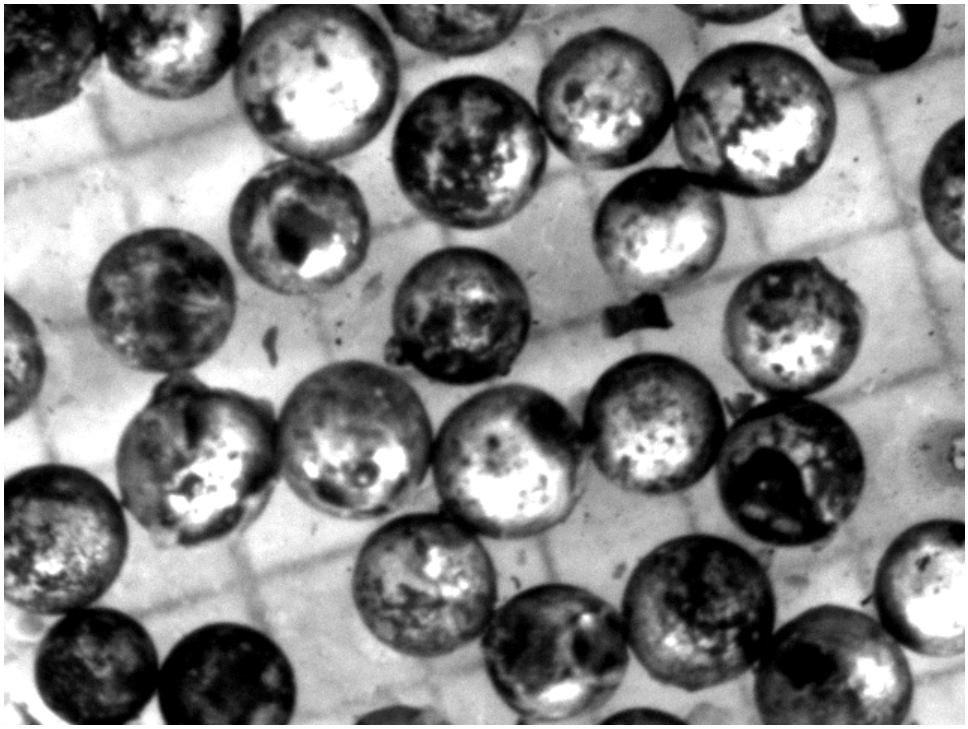
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,780	0,885	2,460
2	3,030	0,964	2,922
3	2,970	0,945	2,808
4	3,260	1,038	3,383
5	3,230	1,028	3,321
6	2,940	0,936	2,751
7	3,100	0,987	3,059
8	2,780	0,885	2,460
9	3,320	1,057	3,509
10	3,160	1,006	3,179
11	3,320	1,057	3,509
12	3,230	1,028	3,321



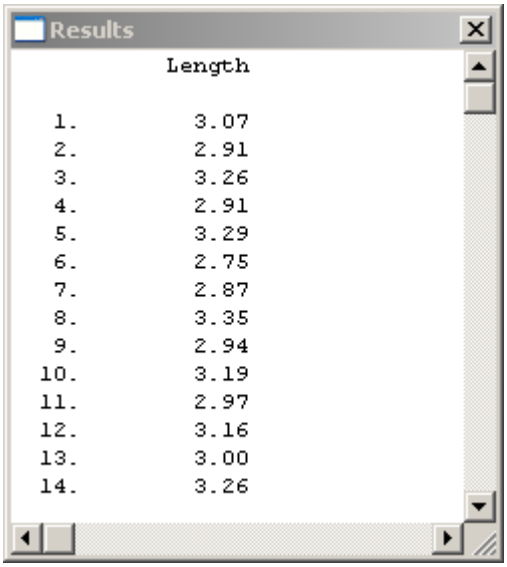

k12_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



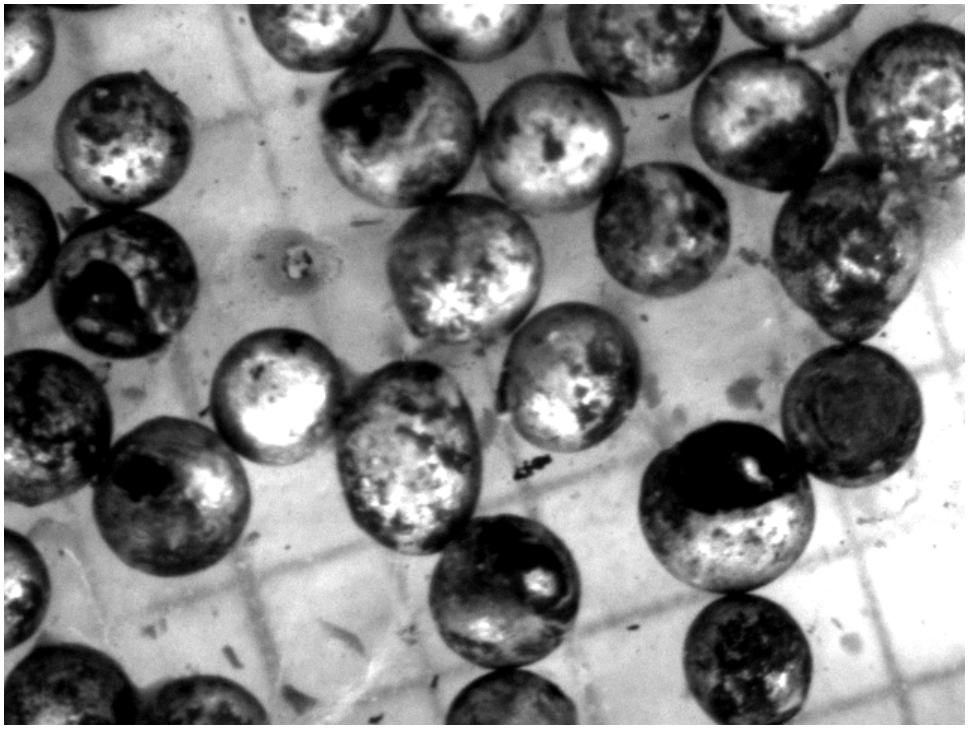
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,290	1,047	3,445
2	2,970	0,945	2,808
3	3,420	1,089	3,723
4	2,970	0,945	2,808
5	3,350	1,066	3,572
6	2,750	0,875	2,407
7	3,160	1,006	3,179
8	3,510	1,117	3,922
9	2,780	0,885	2,460
10	2,940	0,936	2,751
11	2,870	0,914	2,622
12	2,650	0,844	2,235
13	3,000	0,955	2,865
14	3,100	0,987	3,059



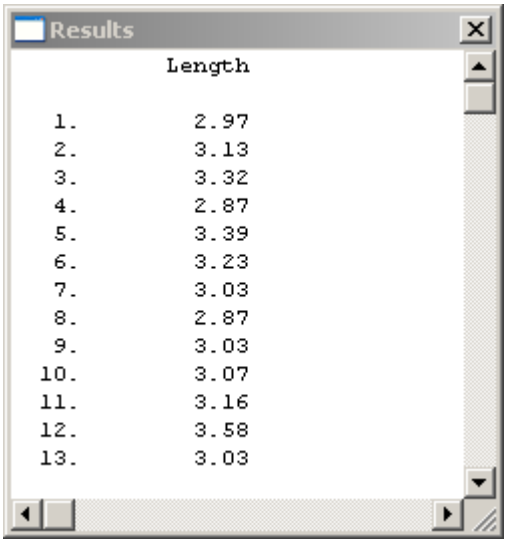

k13_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



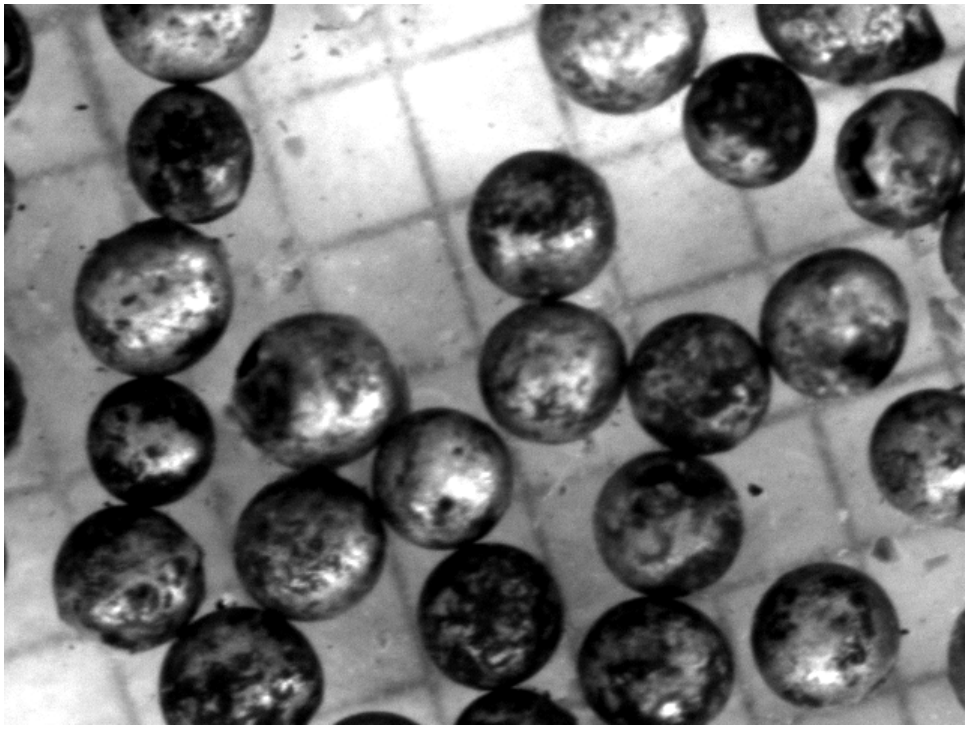
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,070	0,977	3,000
2	2,910	0,926	2,695
3	3,260	1,038	3,383
4	2,910	0,926	2,695
5	3,290	1,047	3,445
6	2,750	0,875	2,407
7	2,870	0,914	2,622
8	3,350	1,066	3,572
9	2,940	0,936	2,751
10	3,190	1,015	3,239
11	2,970	0,945	2,808
12	3,160	1,006	3,179
13	3,000	0,955	2,865
14	3,260	1,038	3,383



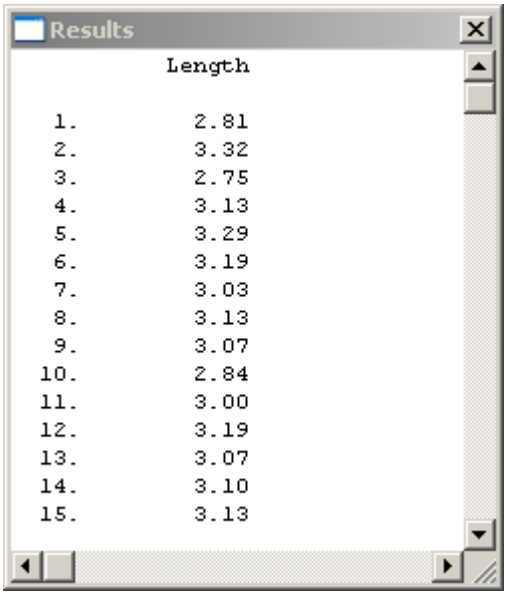

k14_0001.bmp*
1
5
7
9
8
6
2
13
4
10
3
12
11



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,970	0,945	2,808
2	3,130	0,996	3,118
3	3,320	1,057	3,509
4	2,870	0,914	2,622
5	3,390	1,079	3,658
6	3,230	1,028	3,321
7	3,030	0,964	2,922
8	2,870	0,914	2,622
9	3,030	0,964	2,922
10	3,070	0,977	3,000
11	3,160	1,006	3,179
12	3,580	1,140	4,080
13	3,030	0,964	2,922

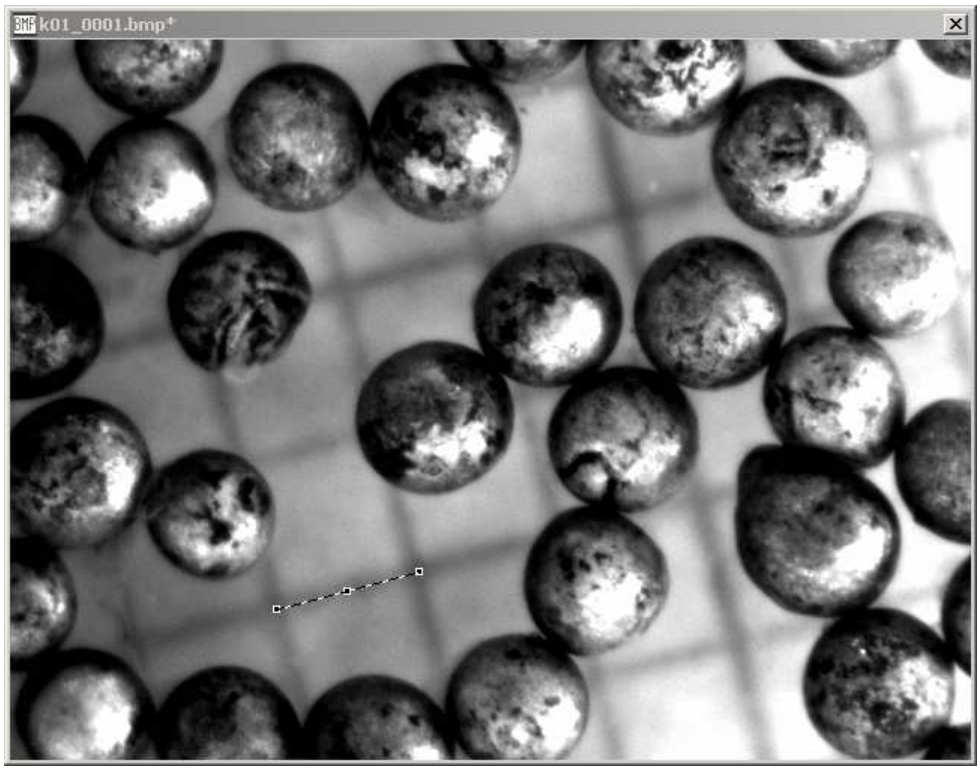


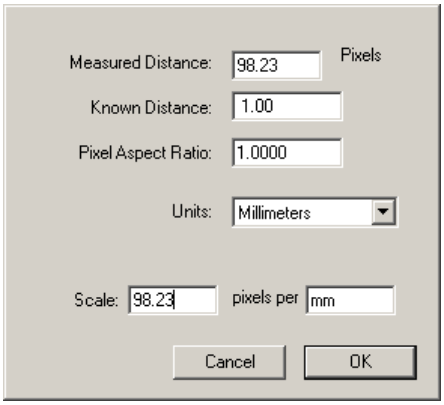

k15_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

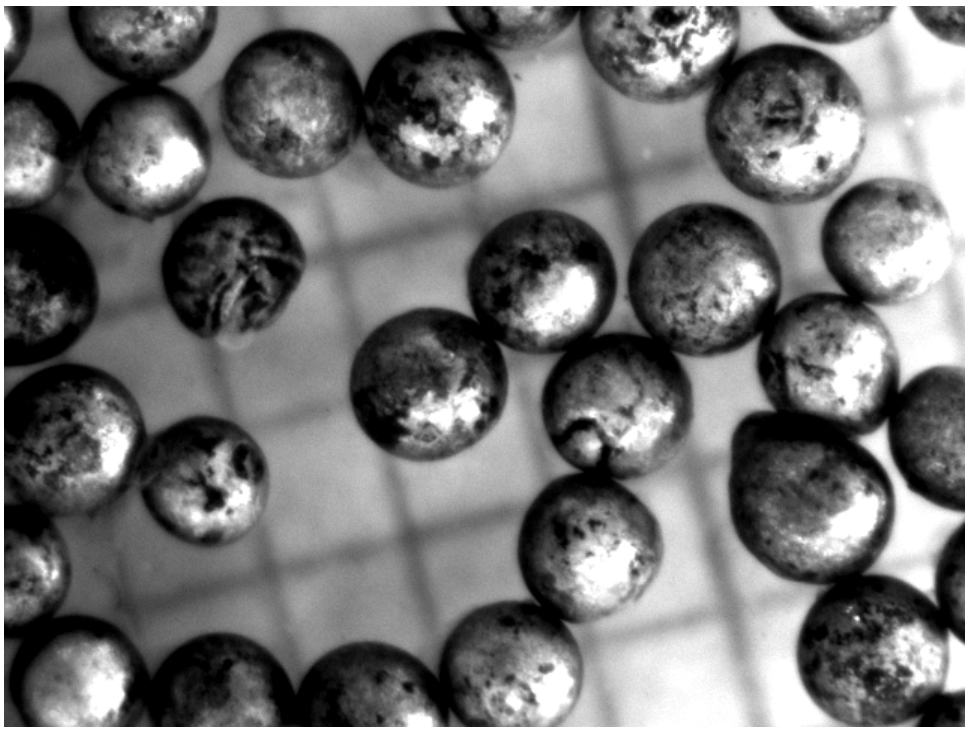


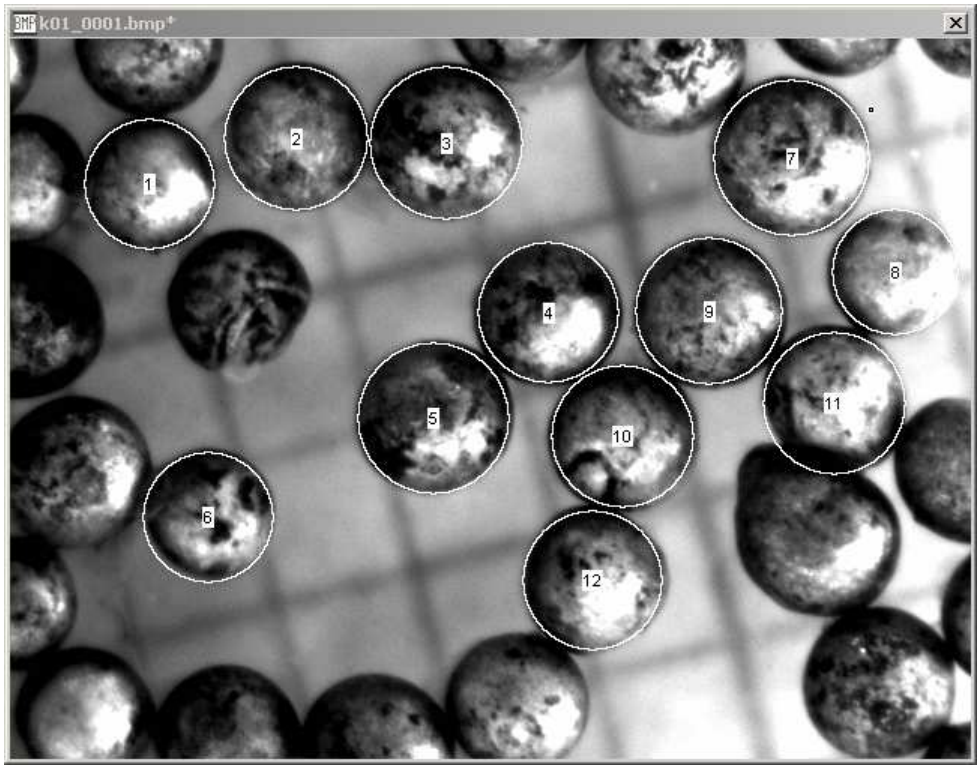
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,810	0,894	2,513
2	3,320	1,057	3,509
3	2,750	0,875	2,407
4	3,130	0,996	3,118
5	3,290	1,047	3,445
6	3,190	1,015	3,239
7	3,030	0,964	2,922
8	3,130	0,996	3,118
9	3,070	0,977	3,000
10	2,840	0,904	2,567
11	3,000	0,955	2,865
12	3,190	1,015	3,239
13	3,070	0,977	3,000
14	3,100	0,987	3,059
15	3,130	0,996	3,118

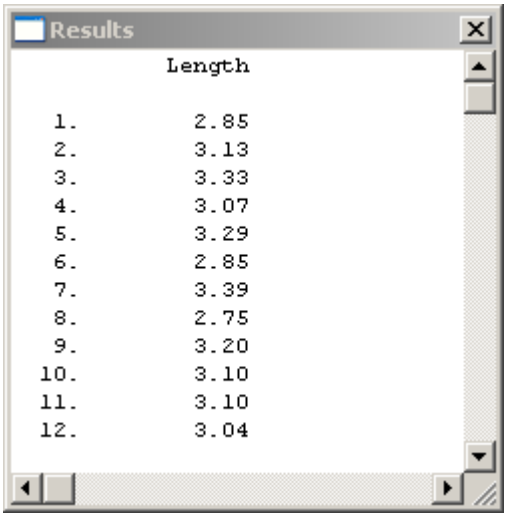
D.3.6 DIA 17 (08-MAIO-2009)



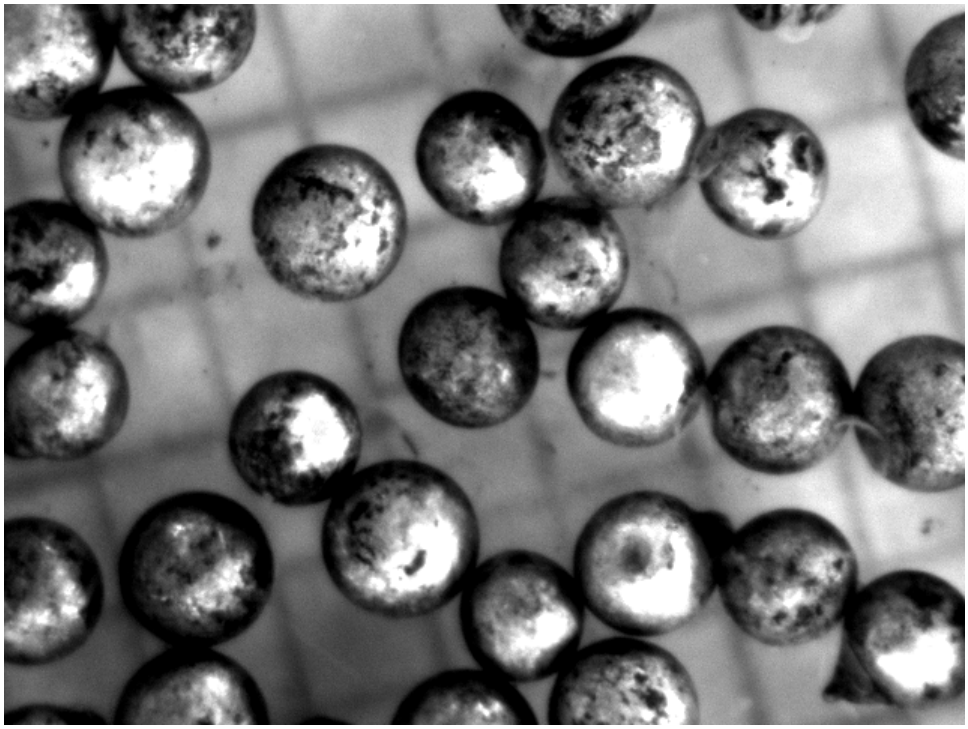


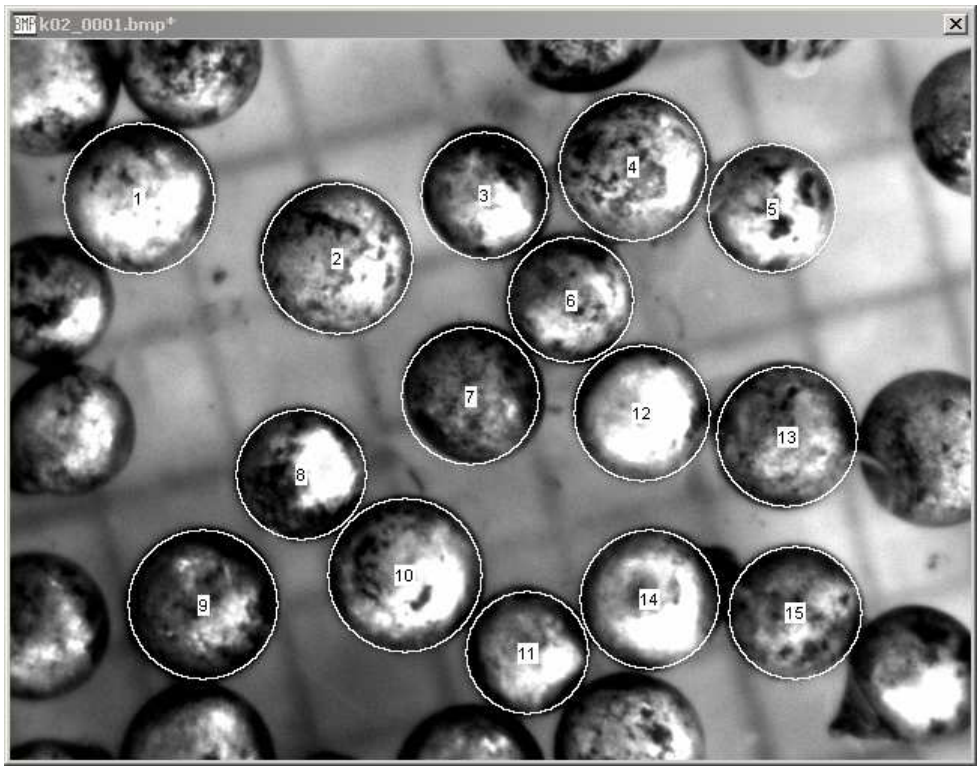


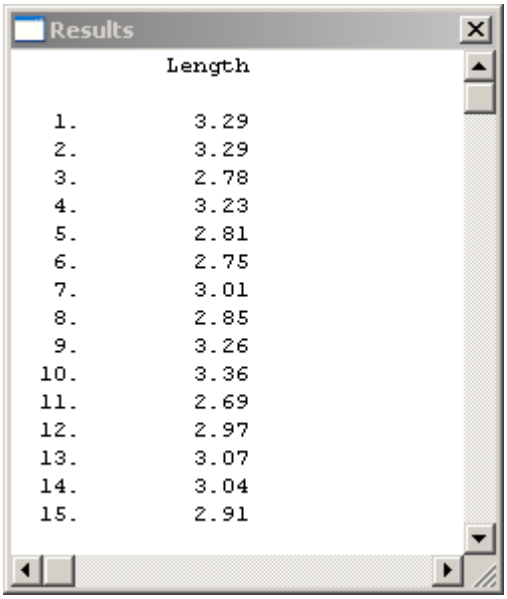

k01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12



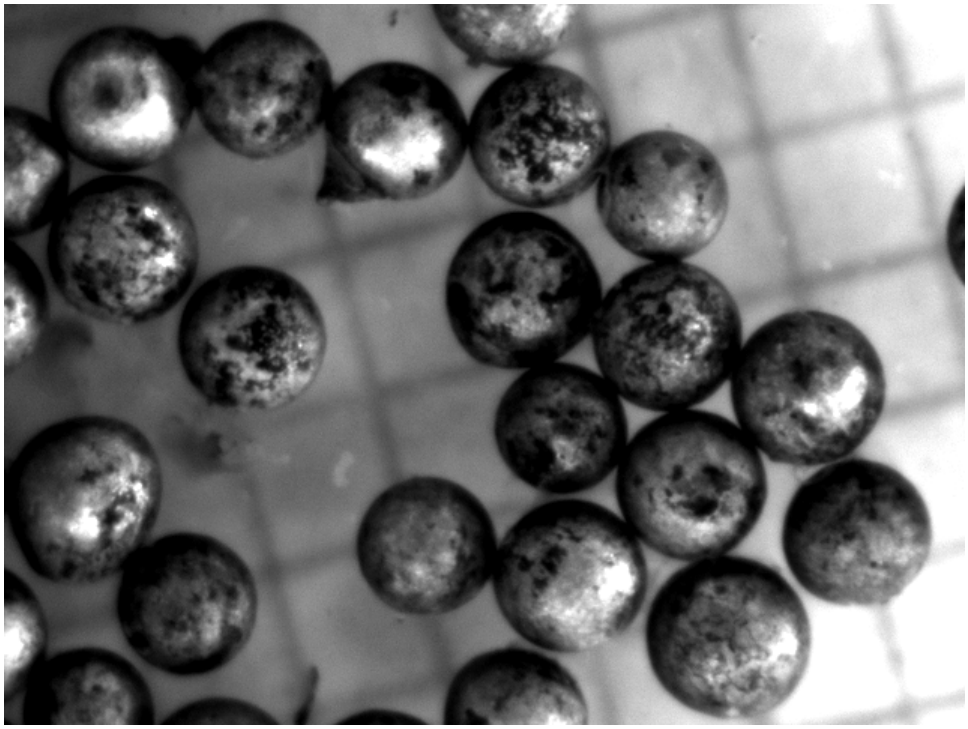
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,850	0,907	2,585
2	3,130	0,996	3,118
3	3,330	1,060	3,530
4	3,070	0,977	3,000
5	3,290	1,047	3,445
6	2,850	0,907	2,585
7	3,390	1,079	3,658
8	2,750	0,875	2,407
9	3,200	1,019	3,259
10	3,100	0,987	3,059
11	3,100	0,987	3,059
12	3,040	0,968	2,942



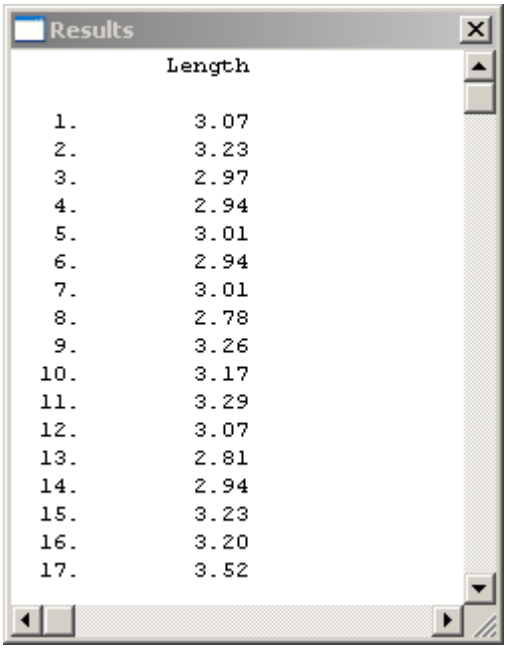

k02_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



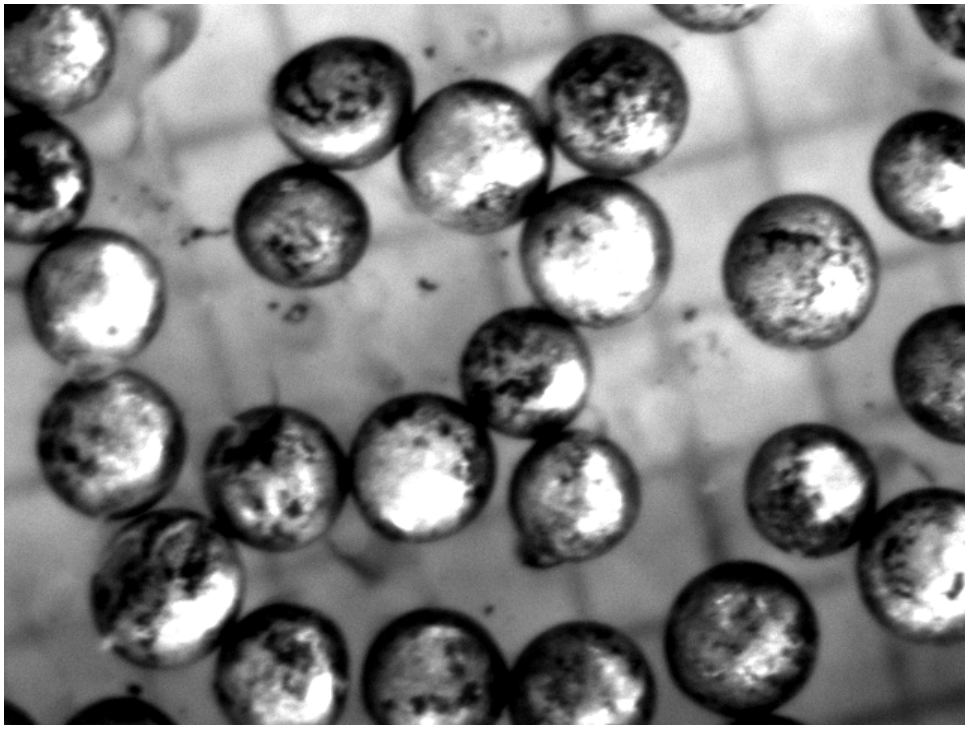
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,290	1,047	3,445
2	3,290	1,047	3,445
3	2,780	0,885	2,460
4	3,230	1,028	3,321
5	2,810	0,894	2,513
6	2,750	0,875	2,407
7	3,010	0,958	2,884
8	2,850	0,907	2,585
9	3,260	1,038	3,383
10	3,360	1,070	3,594
11	2,690	0,856	2,303
12	2,970	0,945	2,808
13	3,070	0,977	3,000
14	3,040	0,968	2,942
15	2,910	0,926	2,695



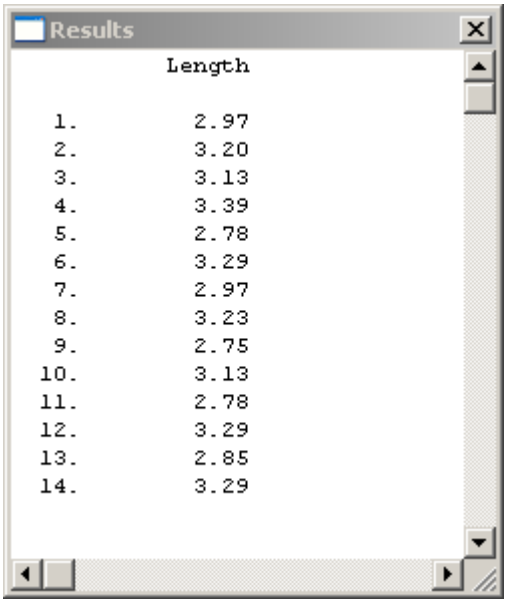

k03_0001.bmp*
1
5
6
7
8
2
9
10
3
11
13
16
12
14
15
4
17



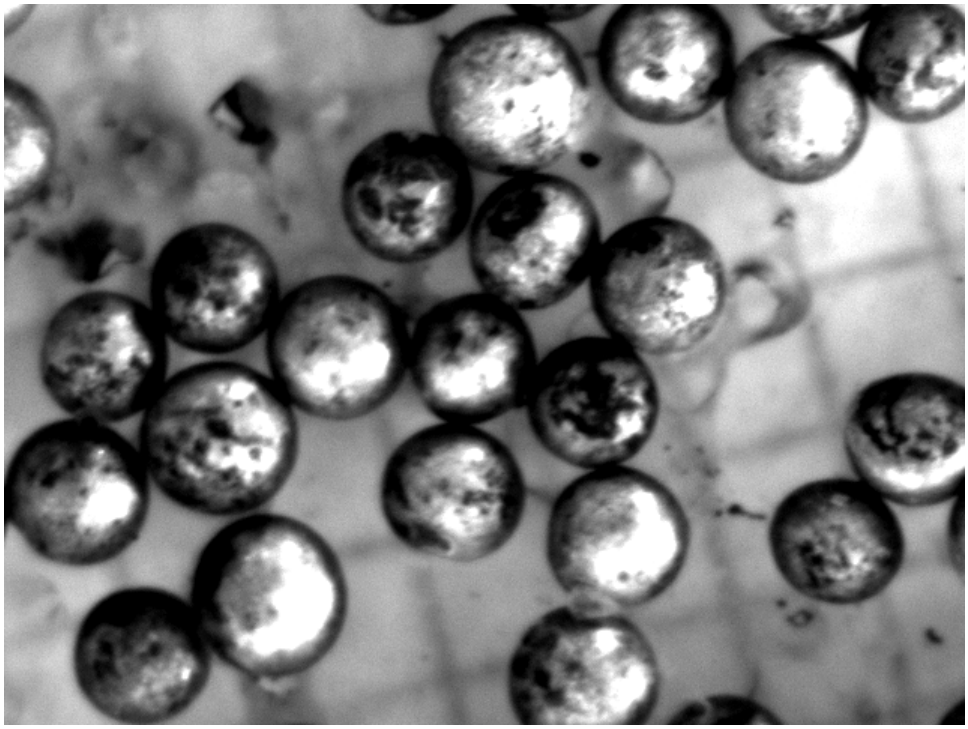
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,070	0,977	3,000
2	3,230	1,028	3,321
3	2,970	0,945	2,808
4	2,940	0,936	2,751
5	3,010	0,958	2,884
6	2,940	0,936	2,751
7	3,010	0,958	2,884
8	2,780	0,885	2,460
9	3,260	1,038	3,383
10	3,170	1,009	3,199
11	3,290	1,047	3,445
12	3,070	0,977	3,000
13	2,810	0,894	2,513
14	2,940	0,936	2,751
15	3,230	1,028	3,321
16	3,200	1,019	3,259
17	3,520	1,120	3,944



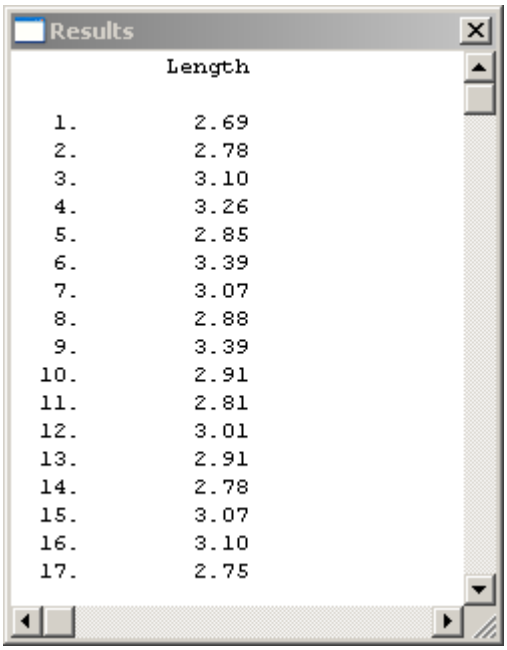

k04_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



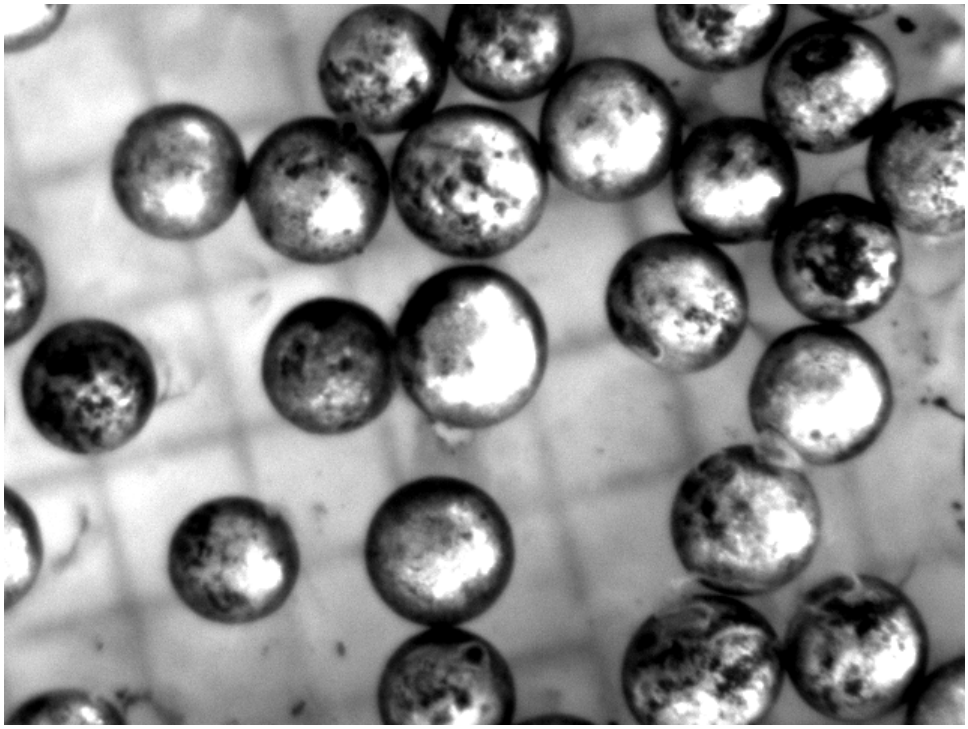
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,970	0,945	2,808
2	3,200	1,019	3,259
3	3,130	0,996	3,118
4	3,390	1,079	3,658
5	2,780	0,885	2,460
6	3,290	1,047	3,445
7	2,970	0,945	2,808
8	3,230	1,028	3,321
9	2,750	0,875	2,407
10	3,130	0,996	3,118
11	2,780	0,885	2,460
12	3,290	1,047	3,445
13	2,850	0,907	2,585
14	3,290	1,047	3,445



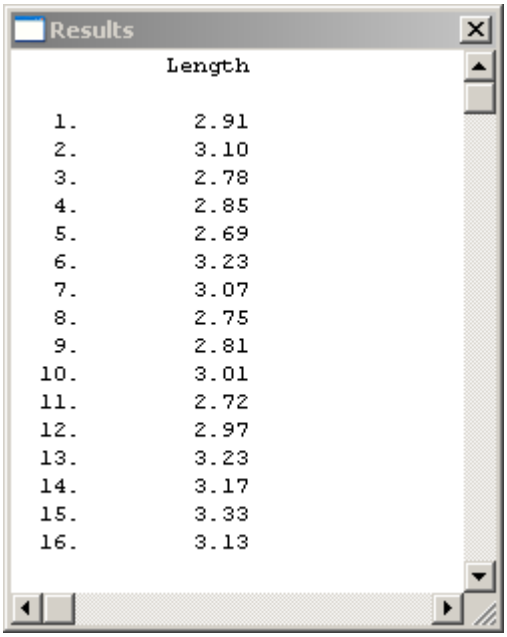

k05_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



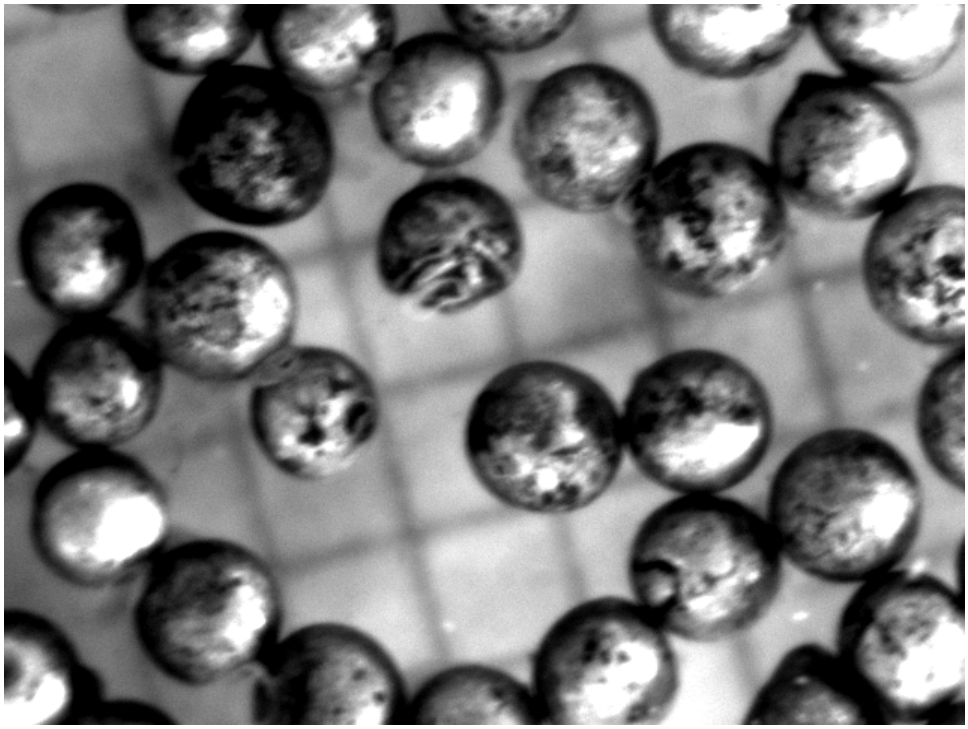
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,690	0,856	2,303
2	2,780	0,885	2,460
3	3,100	0,987	3,059
4	3,260	1,038	3,383
5	2,850	0,907	2,585
6	3,390	1,079	3,658
7	3,070	0,977	3,000
8	2,880	0,917	2,640
9	3,390	1,079	3,658
10	2,910	0,926	2,695
11	2,810	0,894	2,513
12	3,010	0,958	2,884
13	2,910	0,926	2,695
14	2,780	0,885	2,460
15	3,070	0,977	3,000
16	3,100	0,987	3,059
17	2,750	0,875	2,407



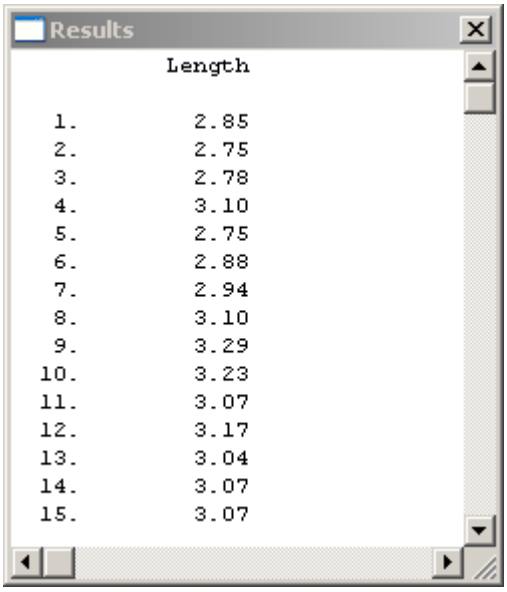

k06_0001.bmp*
1
2
6
7
8
9
11
10
15
4
3
12
13
5
14
16



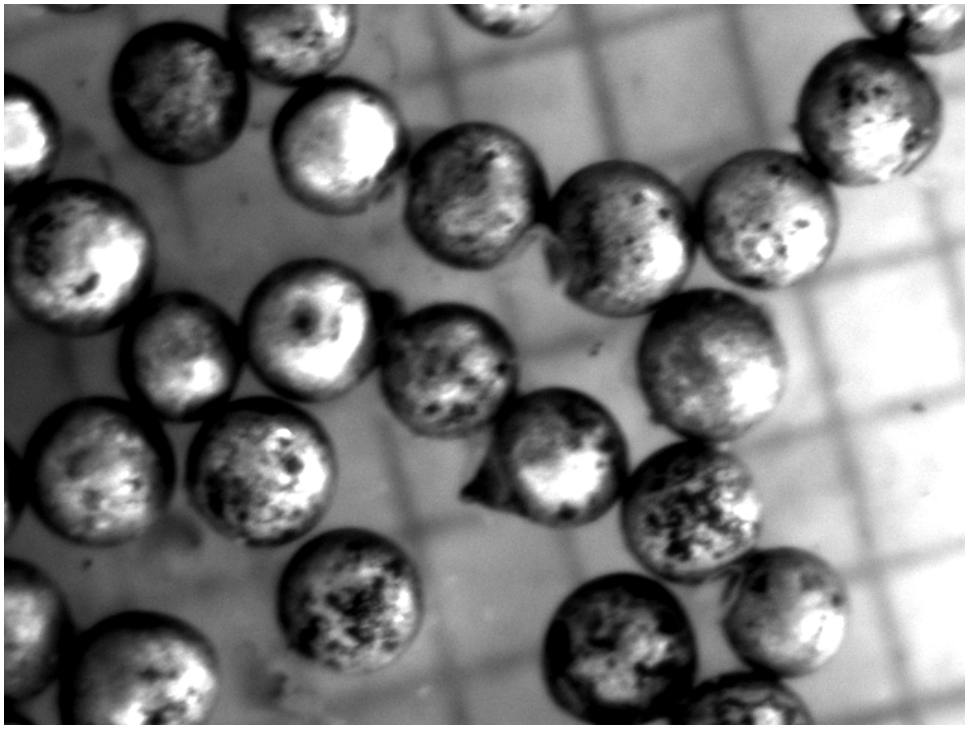
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,910	0,926	2,695
2	3,100	0,987	3,059
3	2,780	0,885	2,460
4	2,850	0,907	2,585
5	2,690	0,856	2,303
6	3,230	1,028	3,321
7	3,070	0,977	3,000
8	2,750	0,875	2,407
9	2,810	0,894	2,513
10	3,010	0,958	2,884
11	2,720	0,866	2,355
12	2,970	0,945	2,808
13	3,230	1,028	3,321
14	3,170	1,009	3,199
15	3,330	1,060	3,530
16	3,130	0,996	3,118

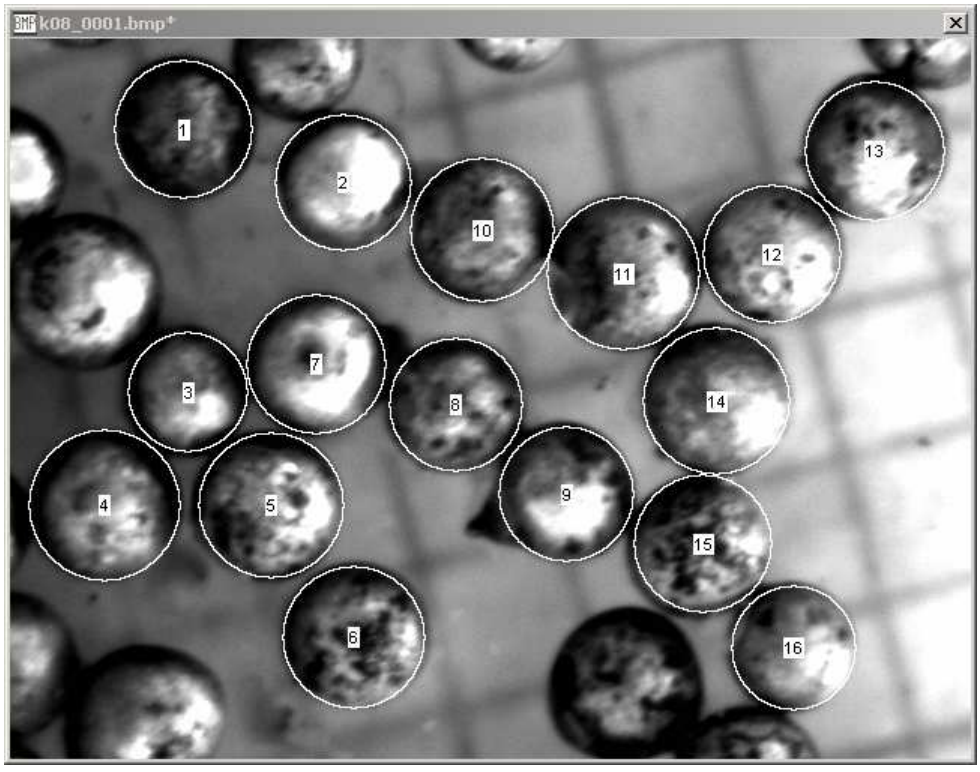


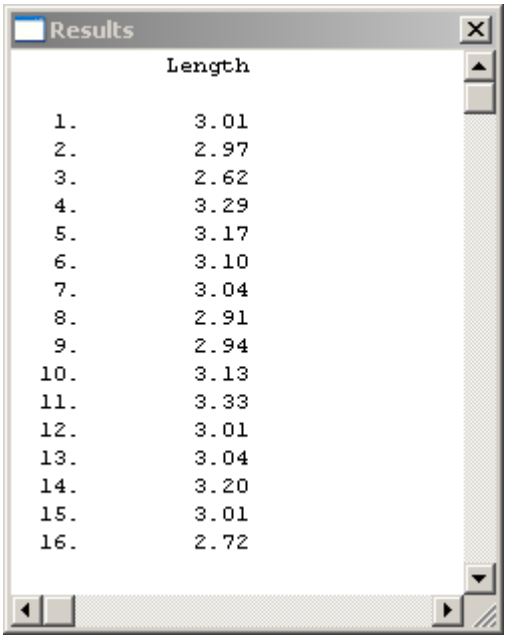

k07_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



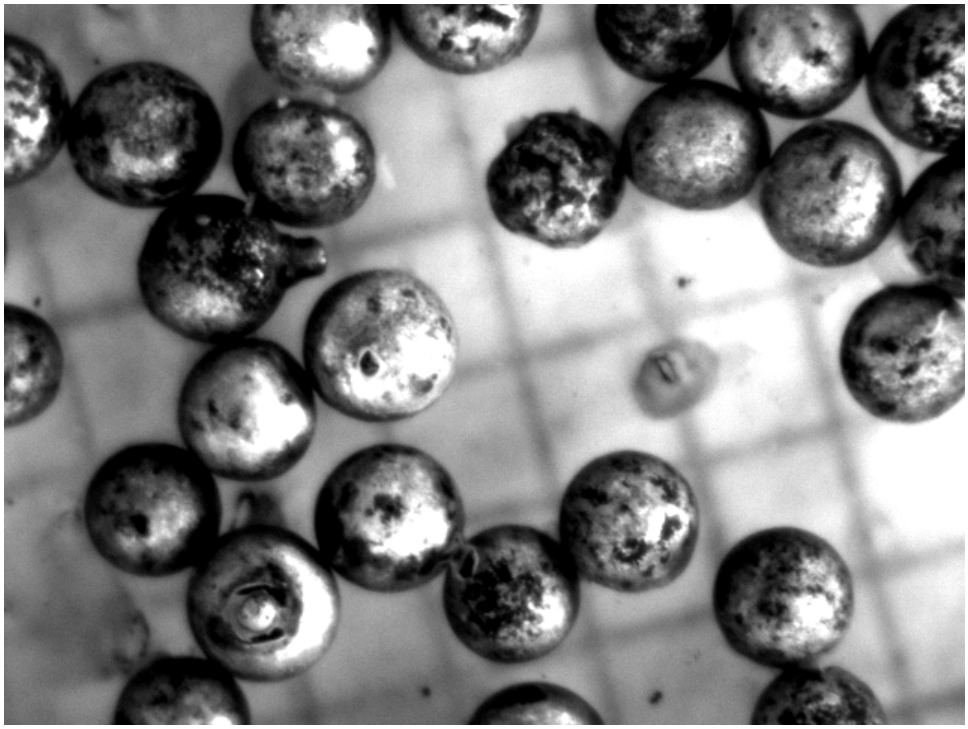
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,850	0,907	2,585
2	2,750	0,875	2,407
3	2,780	0,885	2,460
4	3,100	0,987	3,059
5	2,750	0,875	2,407
6	2,880	0,917	2,640
7	2,940	0,936	2,751
8	3,100	0,987	3,059
9	3,290	1,047	3,445
10	3,230	1,028	3,321
11	3,070	0,977	3,000
12	3,170	1,009	3,199
13	3,040	0,968	2,942
14	3,070	0,977	3,000
15	3,070	0,977	3,000



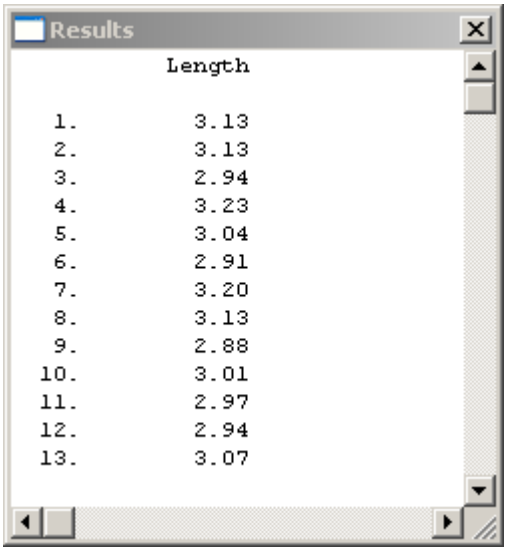

k08_0001.bmp*
1
2
10
11
12
13
3
7
8
14
4
5
9
15
6
16



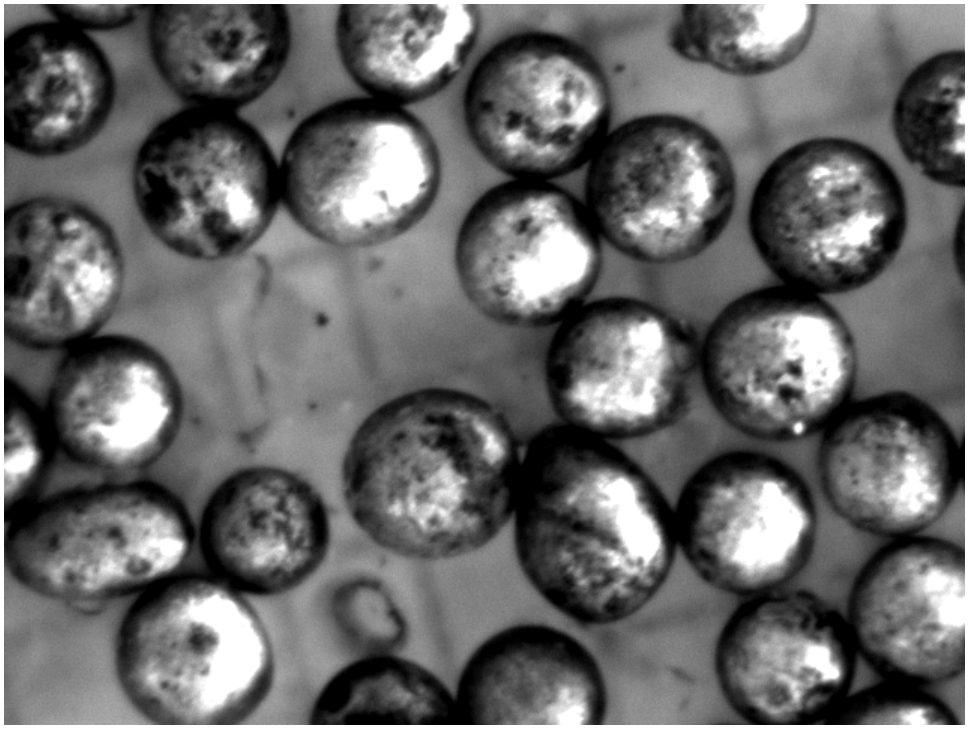
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,010	0,958	2,884
2	2,970	0,945	2,808
3	2,620	0,834	2,185
4	3,290	1,047	3,445
5	3,170	1,009	3,199
6	3,100	0,987	3,059
7	3,040	0,968	2,942
8	2,910	0,926	2,695
9	2,940	0,936	2,751
10	3,130	0,996	3,118
11	3,330	1,060	3,530
12	3,010	0,958	2,884
13	3,040	0,968	2,942
14	3,200	1,019	3,259
15	3,010	0,958	2,884
16	2,720	0,866	2,355

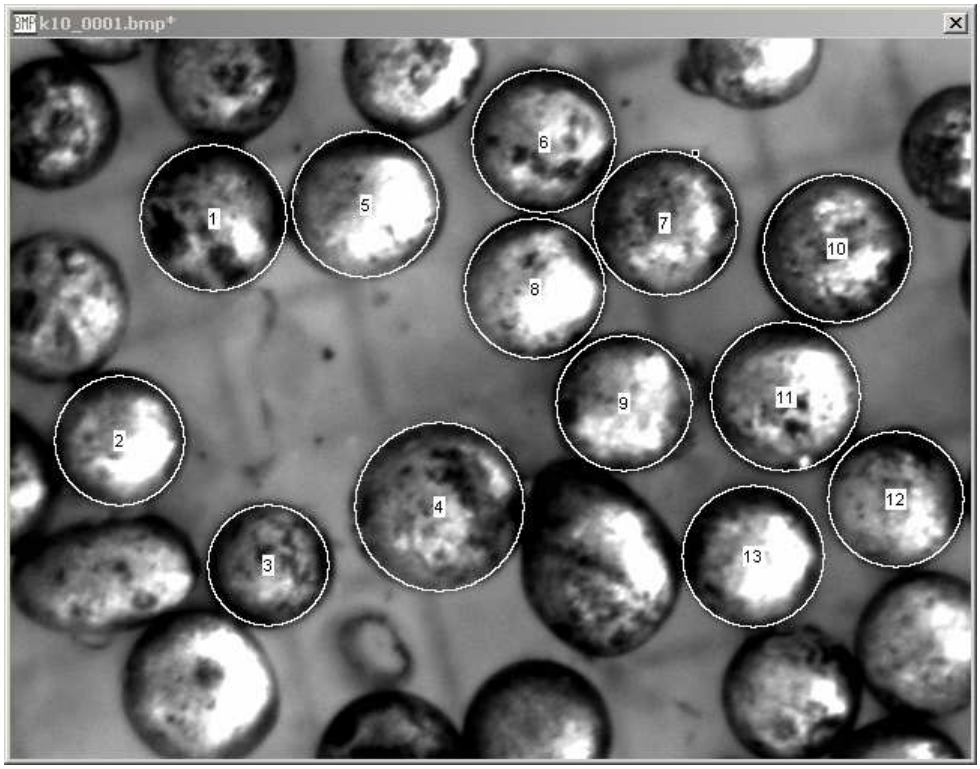


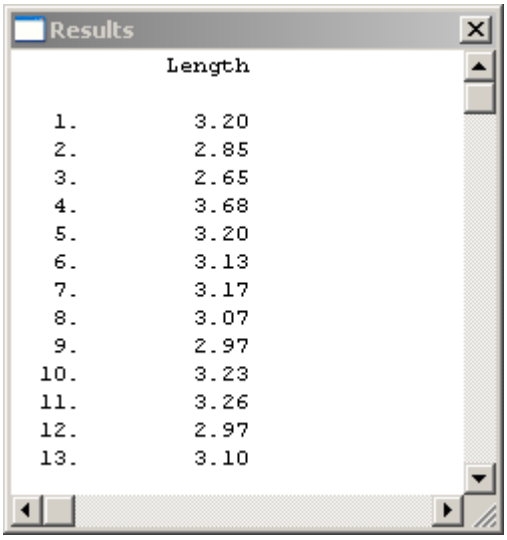

k09_0001.bmp*
1
3
12
13
2
4
5
6
8
10
7
9
11



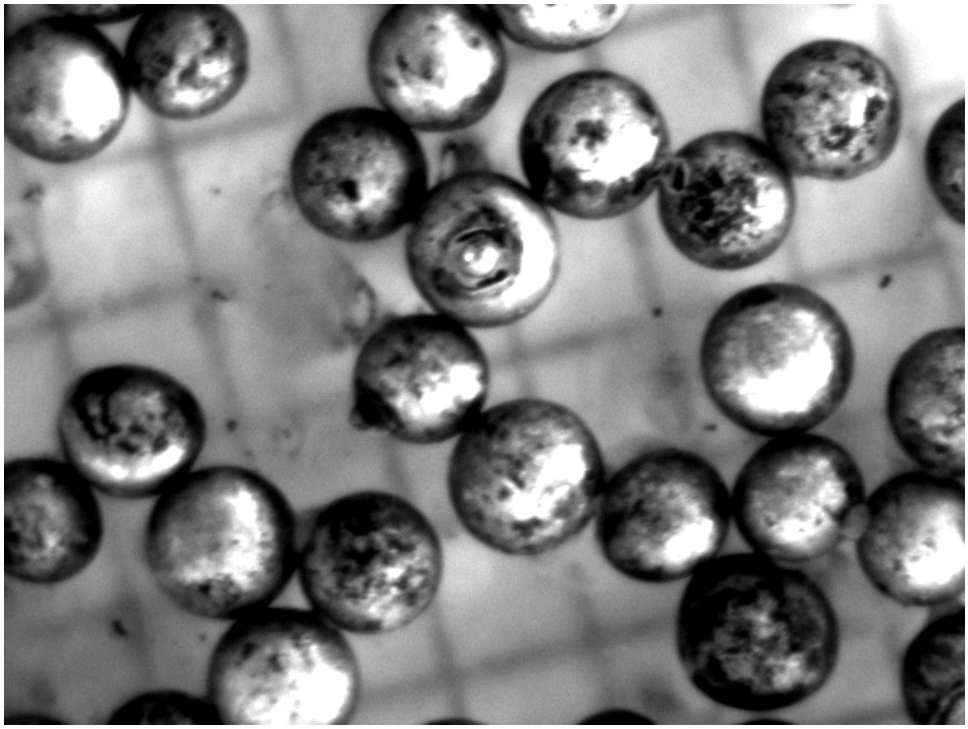
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,130	0,996	3,118
2	3,130	0,996	3,118
3	2,940	0,936	2,751
4	3,230	1,028	3,321
5	3,040	0,968	2,942
6	2,910	0,926	2,695
7	3,200	1,019	3,259
8	3,130	0,996	3,118
9	2,880	0,917	2,640
10	3,010	0,958	2,884
11	2,970	0,945	2,808
12	2,940	0,936	2,751
13	3,070	0,977	3,000

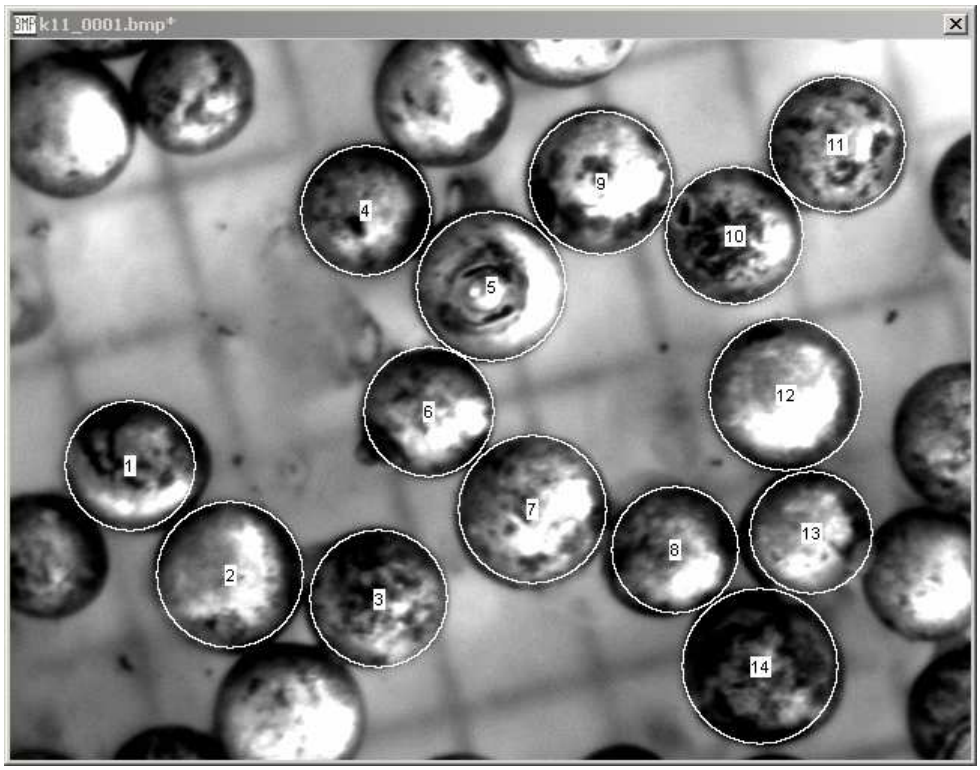


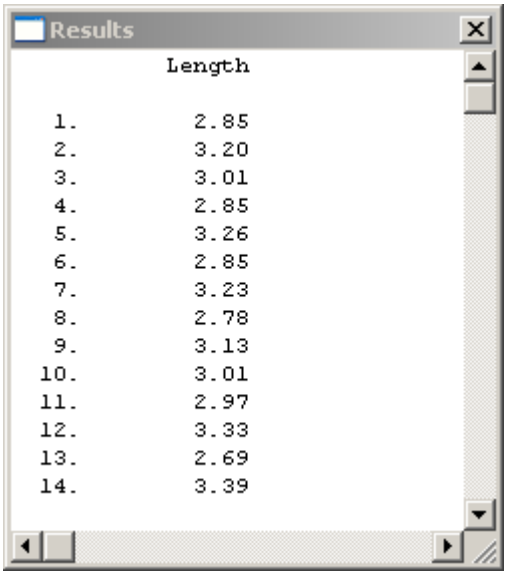

k10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



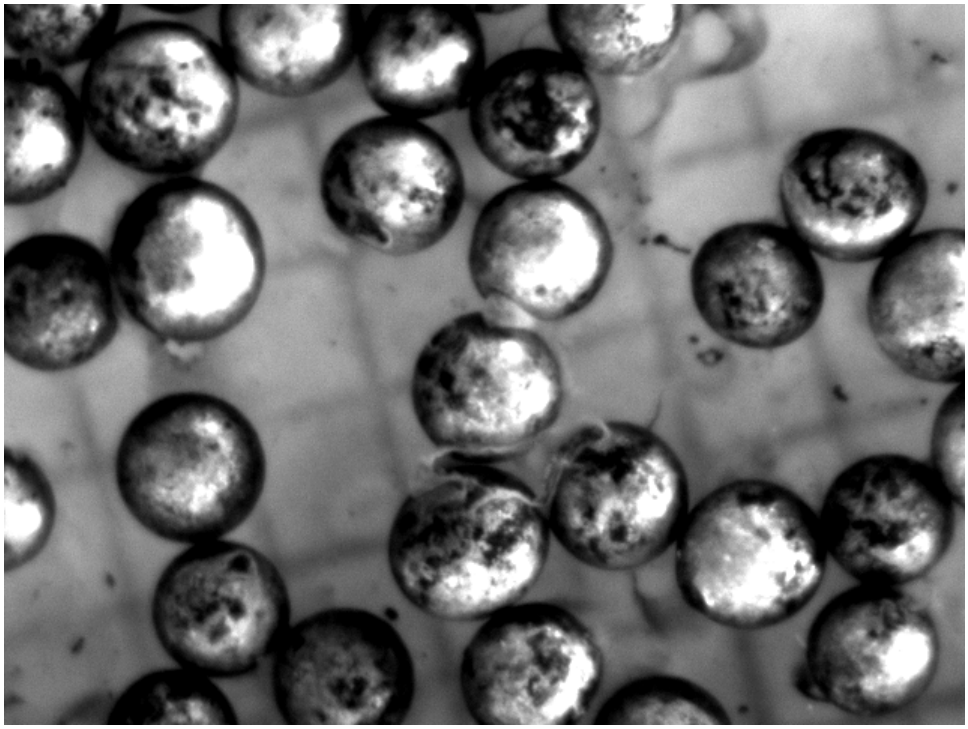
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,200	1,019	3,259
2	2,850	0,907	2,585
3	2,650	0,844	2,235
4	3,680	1,171	4,311
5	3,200	1,019	3,259
6	3,130	0,996	3,118
7	3,170	1,009	3,199
8	3,070	0,977	3,000
9	2,970	0,945	2,808
10	3,230	1,028	3,321
11	3,260	1,038	3,383
12	2,970	0,945	2,808
13	3,100	0,987	3,059

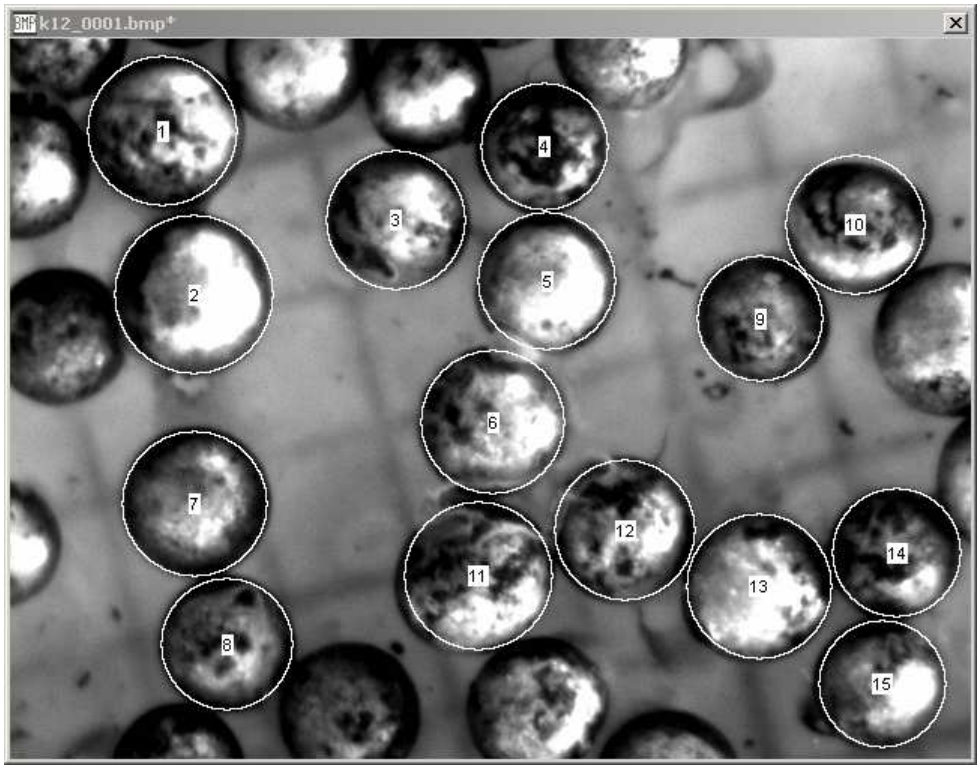


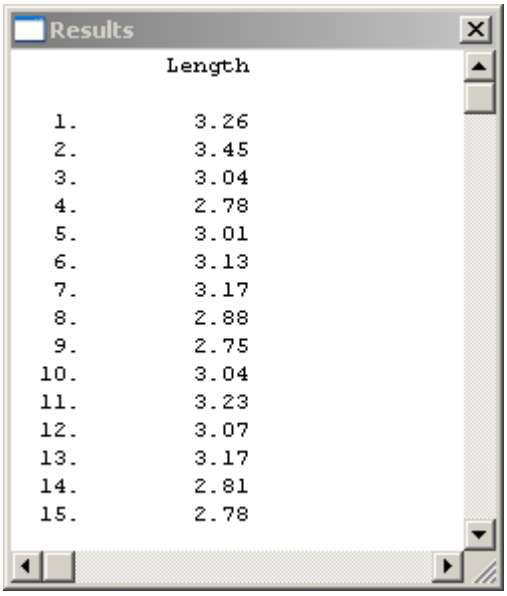

k11_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



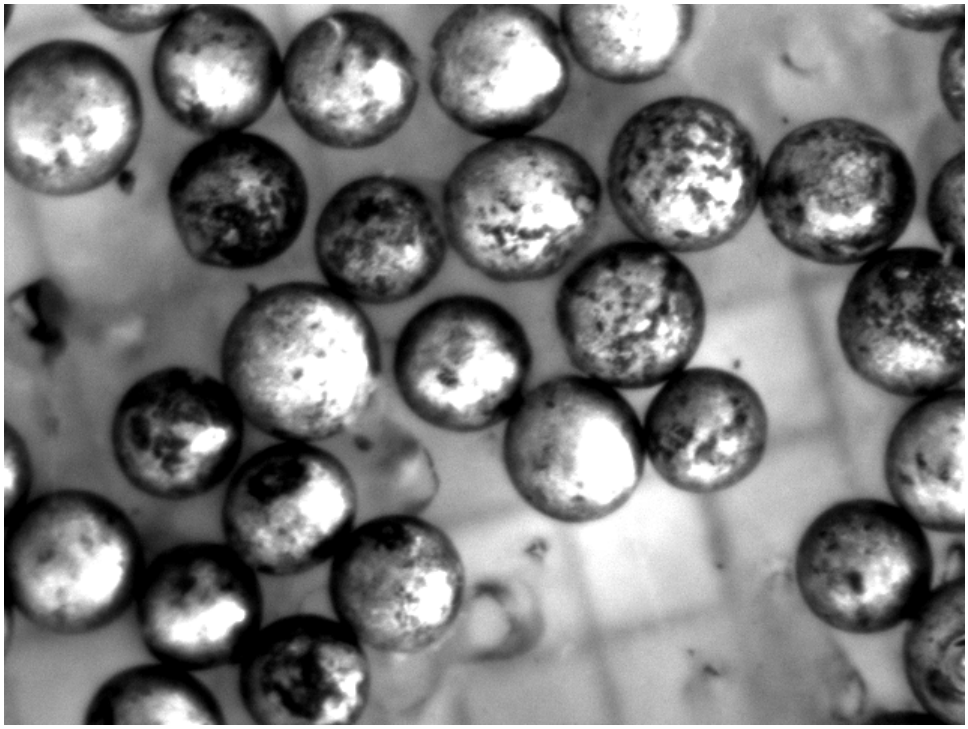
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,850	0,907	2,585
2	3,200	1,019	3,259
3	3,010	0,958	2,884
4	2,850	0,907	2,585
5	3,260	1,038	3,383
6	2,850	0,907	2,585
7	3,230	1,028	3,321
8	2,780	0,885	2,460
9	3,130	0,996	3,118
10	3,010	0,958	2,884
11	2,970	0,945	2,808
12	3,330	1,060	3,530
13	2,690	0,856	2,303
14	3,390	1,079	3,658

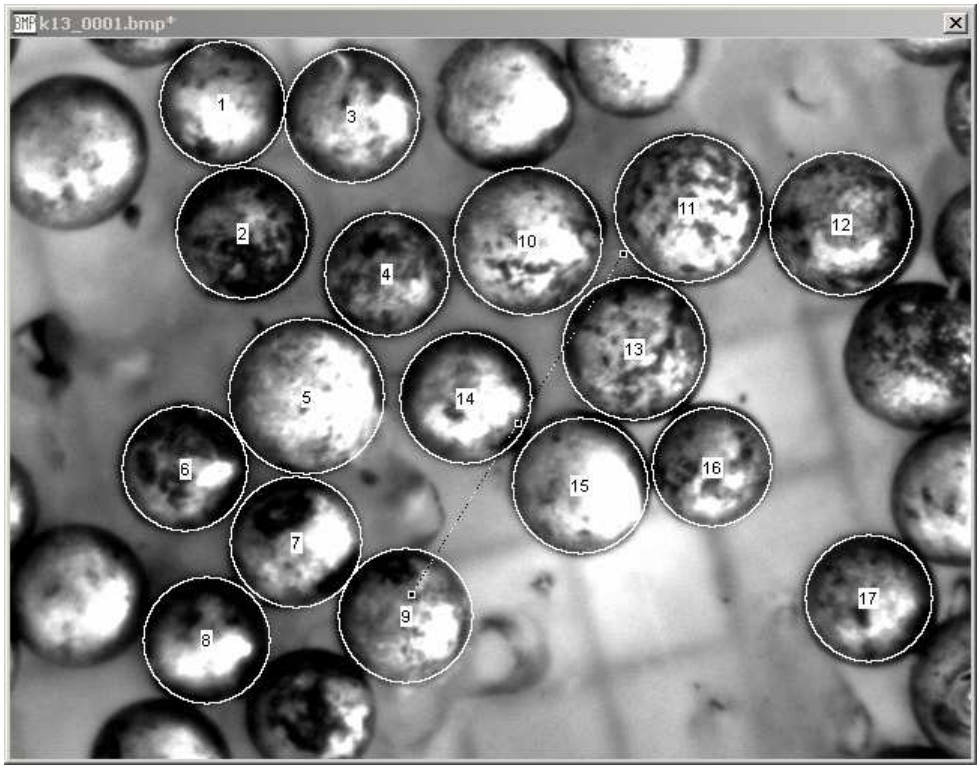


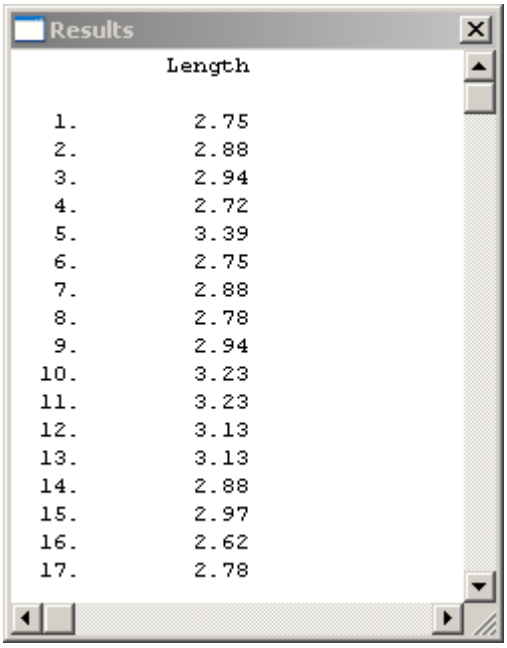

k12_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



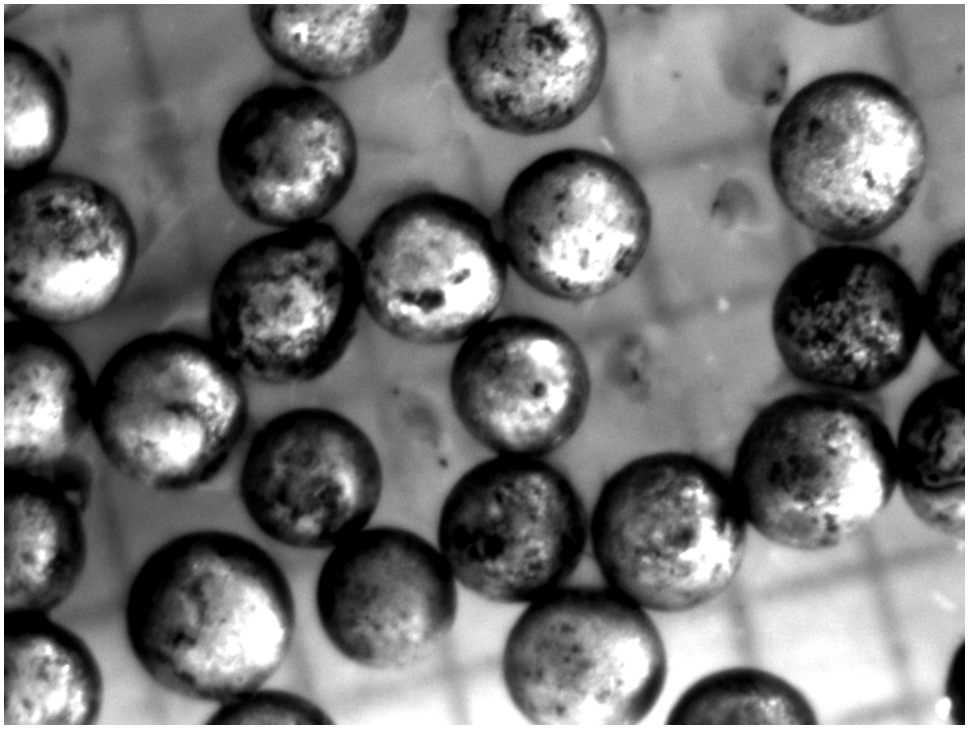
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,260	1,038	3,383
2	3,450	1,098	3,789
3	3,040	0,968	2,942
4	2,780	0,885	2,460
5	3,010	0,958	2,884
6	3,130	0,996	3,118
7	3,170	1,009	3,199
8	2,880	0,917	2,640
9	2,750	0,875	2,407
10	3,040	0,968	2,942
11	3,230	1,028	3,321
12	3,070	0,977	3,000
13	3,170	1,009	3,199
14	2,810	0,894	2,513
15	2,780	0,885	2,460



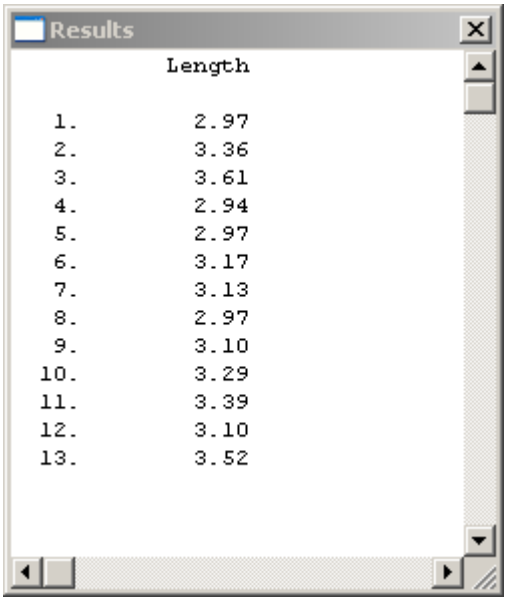

k13_0001.bmp*
1
3
2
4
10
11
12
13
5
14
6
15
16
7
9
8
17



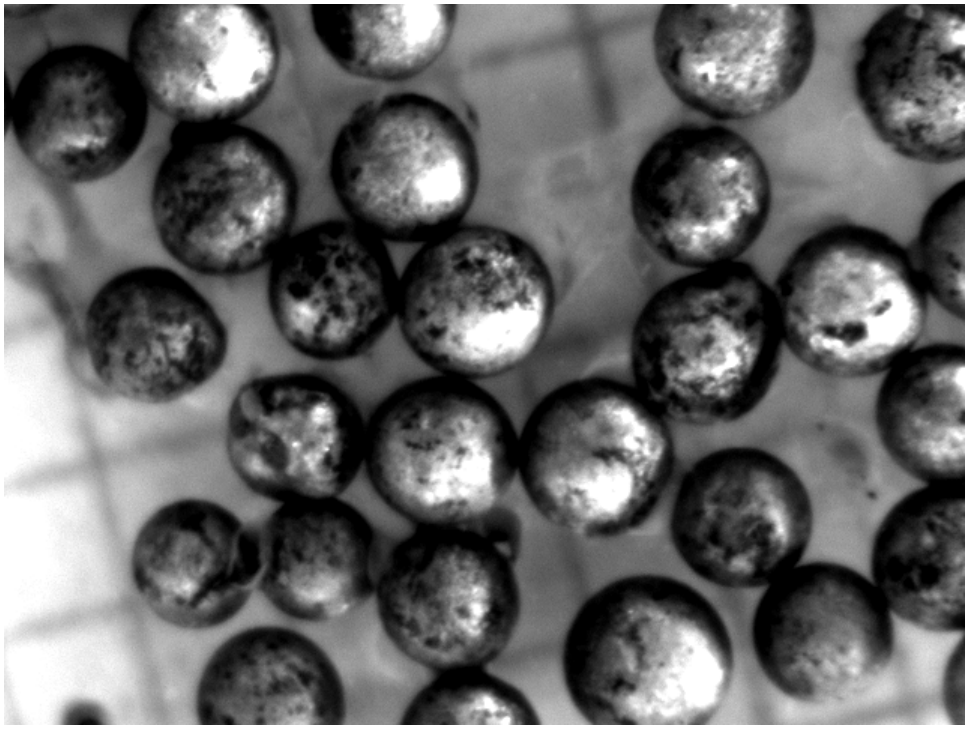
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,750	0,875	2,407
2	2,880	0,917	2,640
3	2,940	0,936	2,751
4	2,720	0,866	2,355
5	3,390	1,079	3,658
6	2,750	0,875	2,407
7	2,880	0,917	2,640
8	2,780	0,885	2,460
9	2,940	0,936	2,751
10	3,230	1,028	3,321
11	3,230	1,028	3,321
12	3,130	0,996	3,118
13	3,130	0,996	3,118
14	2,880	0,917	2,640
15	2,970	0,945	2,808
16	2,620	0,834	2,185
17	2,780	0,885	2,460



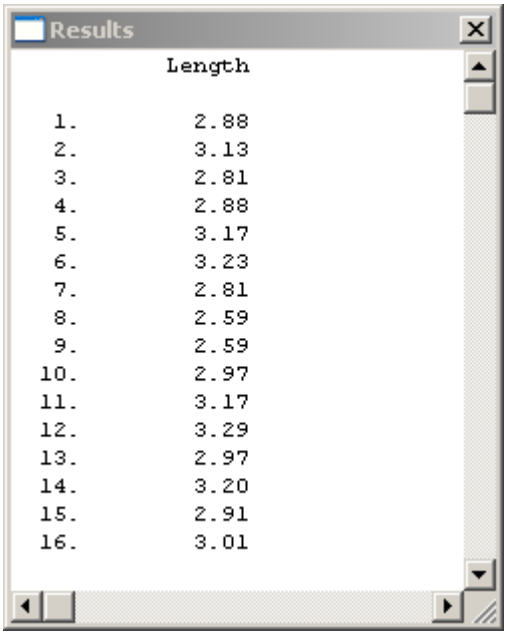

k14_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,970	0,945	2,808
2	3,360	1,070	3,594
3	3,610	1,149	4,148
4	2,940	0,936	2,751
5	2,970	0,945	2,808
6	3,170	1,009	3,199
7	3,130	0,996	3,118
8	2,970	0,945	2,808
9	3,100	0,987	3,059
10	3,290	1,047	3,445
11	3,390	1,079	3,658
12	3,100	0,987	3,059
13	3,520	1,120	3,944

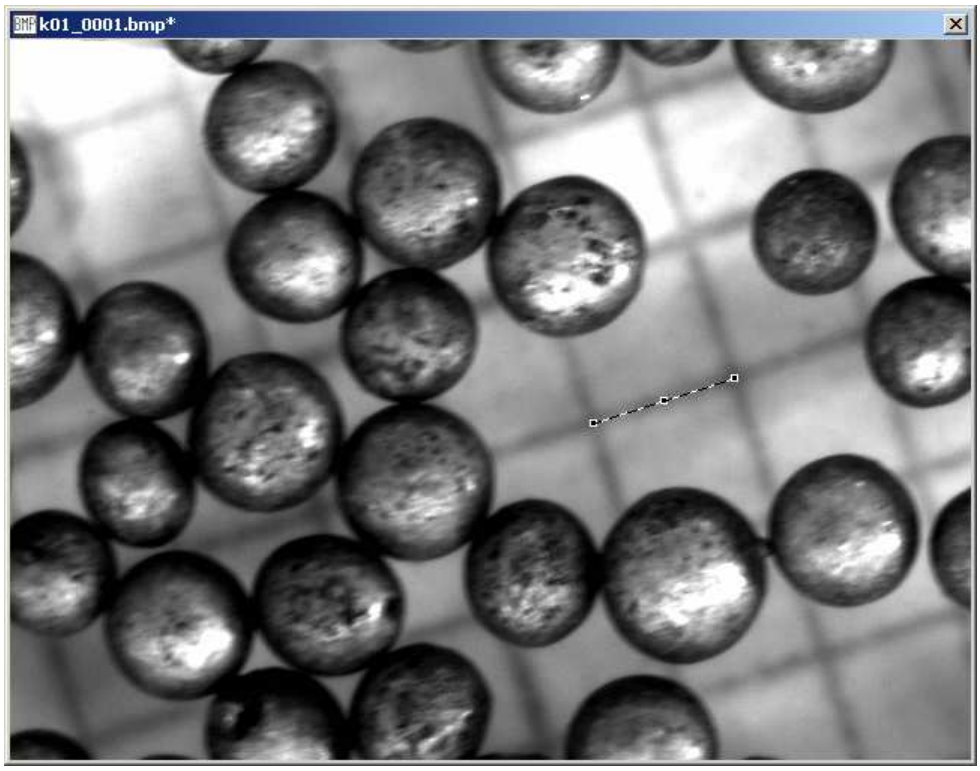


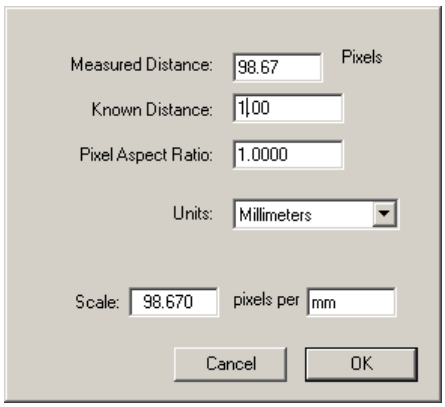

k15_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16

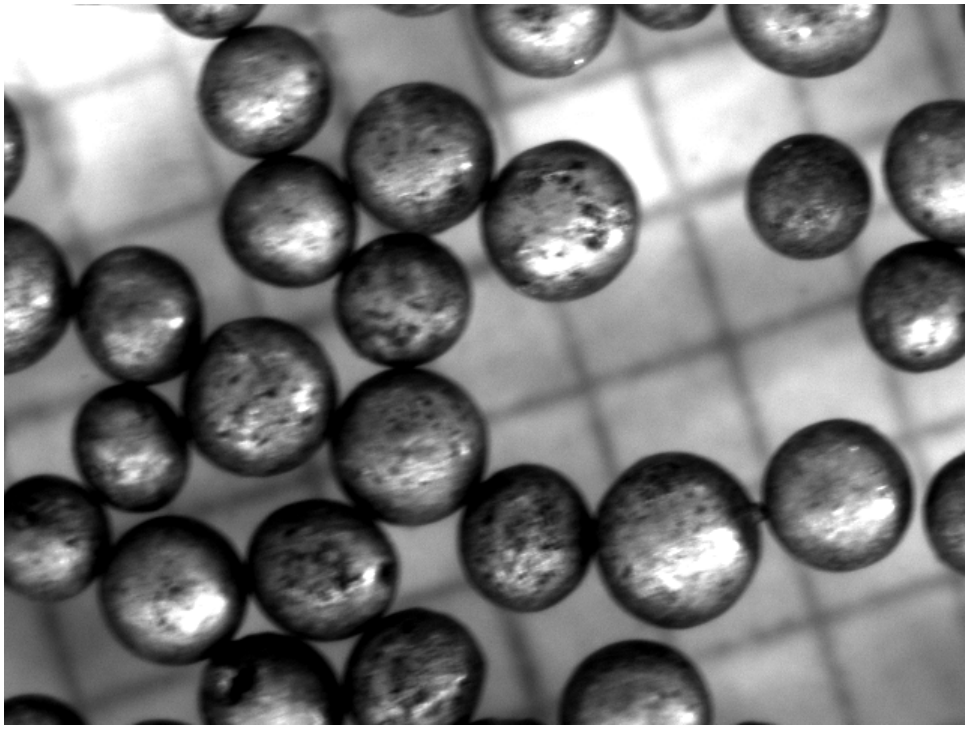


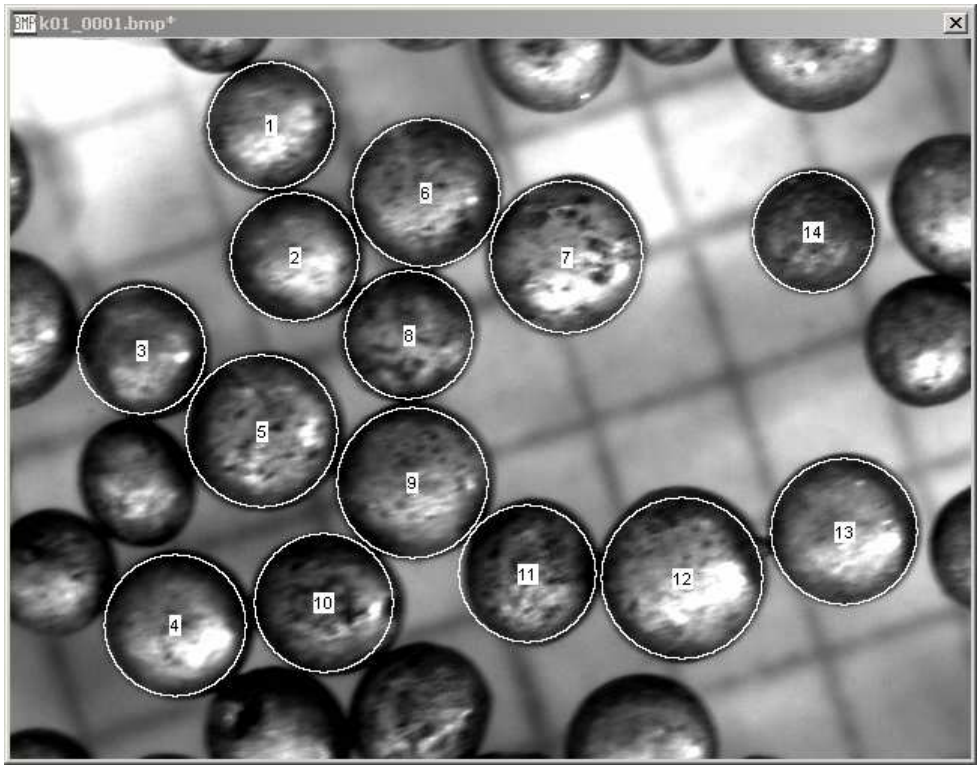
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,880	0,917	2,640
2	3,130	0,996	3,118
3	2,810	0,894	2,513
4	2,880	0,917	2,640
5	3,170	1,009	3,199
6	3,230	1,028	3,321
7	2,810	0,894	2,513
8	2,590	0,824	2,135
9	2,590	0,824	2,135
10	2,970	0,945	2,808
11	3,170	1,009	3,199
12	3,290	1,047	3,445
13	2,970	0,945	2,808
14	3,200	1,019	3,259
15	2,910	0,926	2,695
16	3,010	0,958	2,884

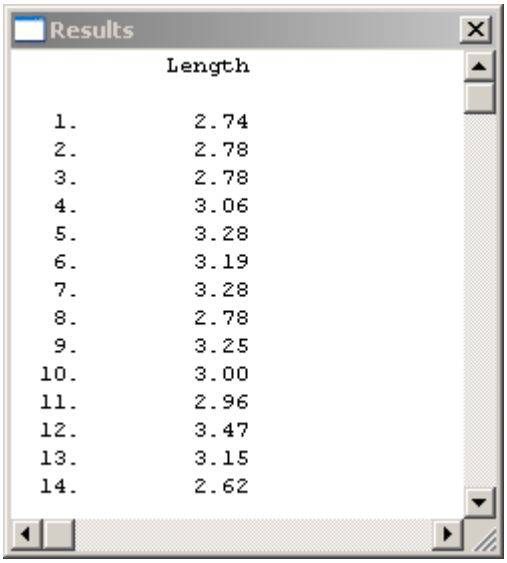
D.3.7 DIA 24 (15-MAIO-2009)



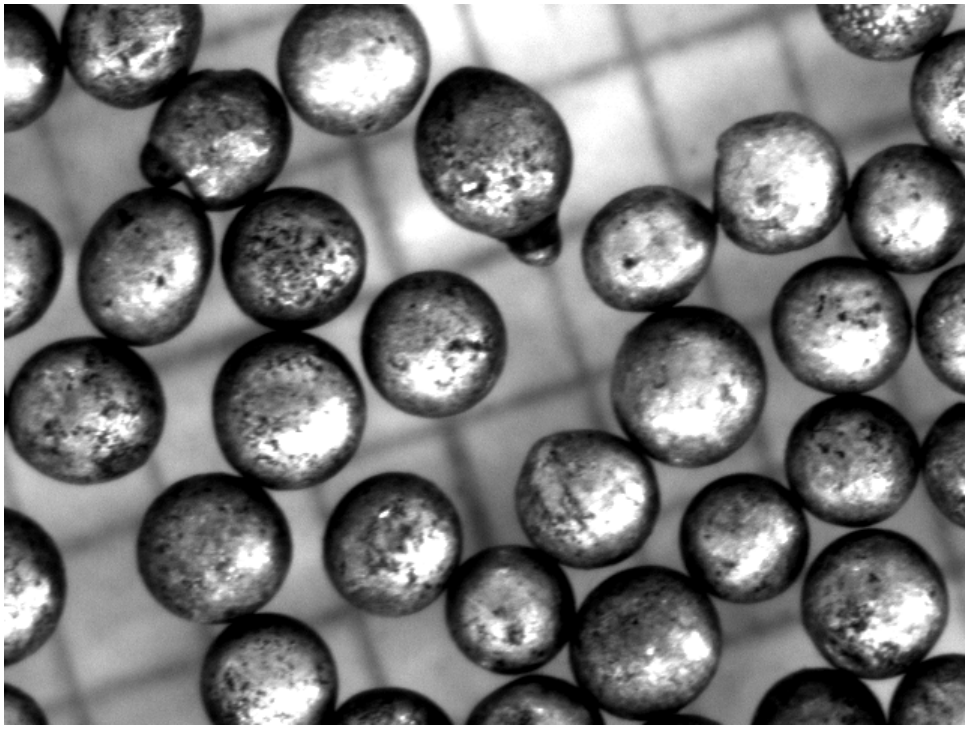


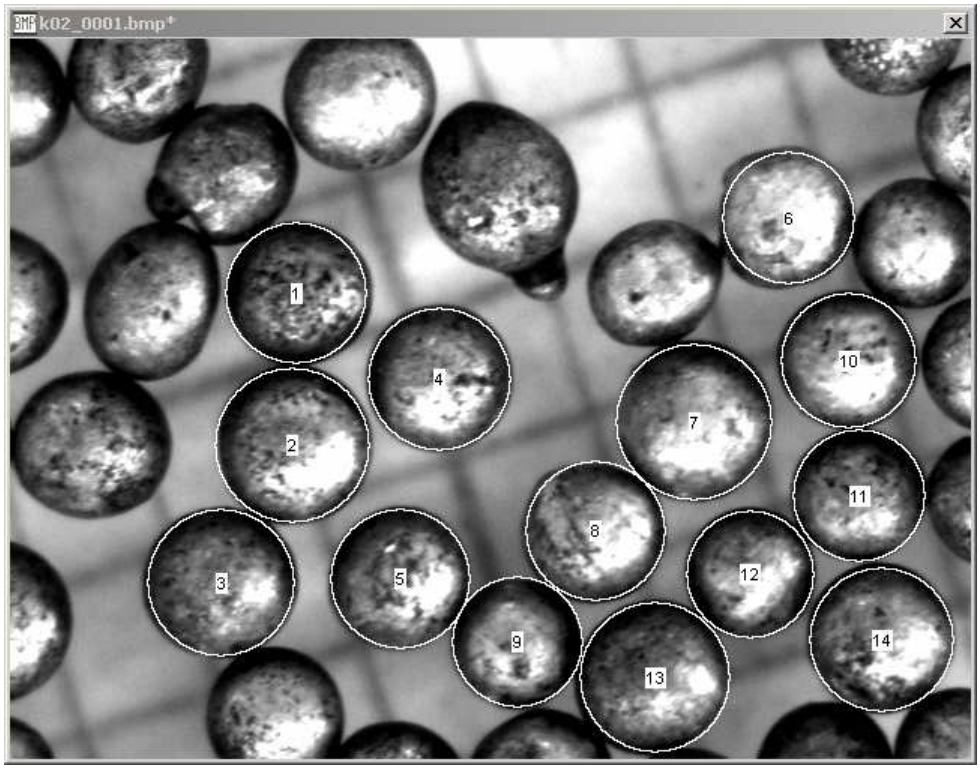


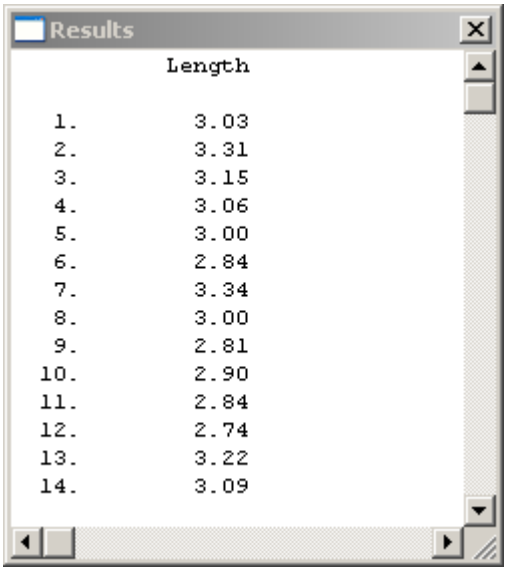

k01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



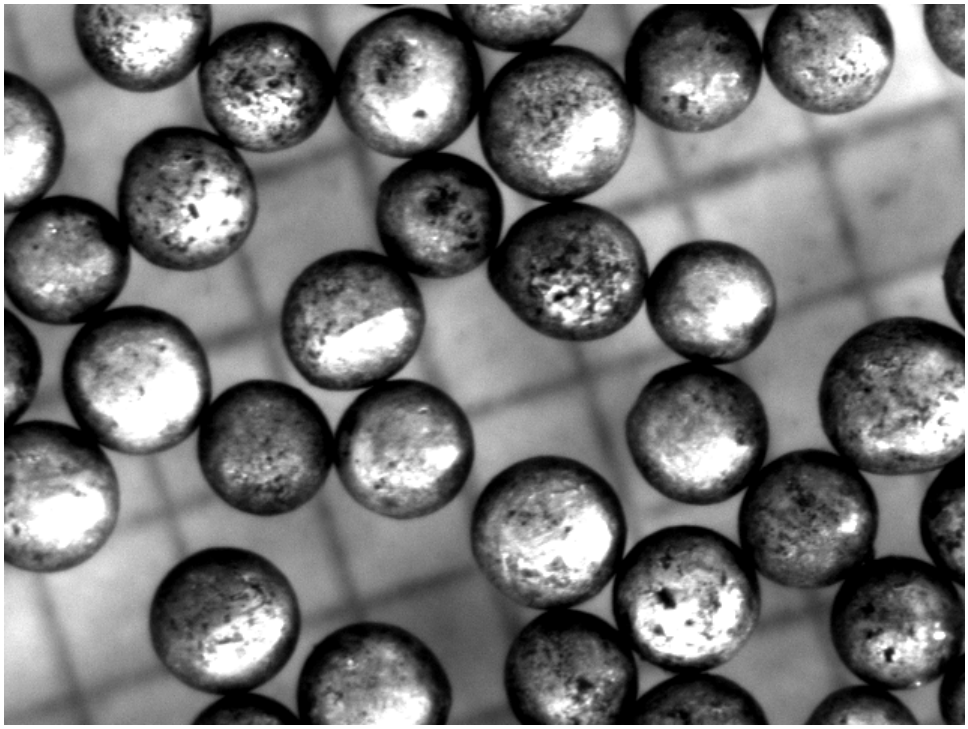
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,740	0,872	2,390
2	2,780	0,885	2,460
3	2,780	0,885	2,460
4	3,060	0,974	2,981
5	3,280	1,044	3,425
6	3,190	1,015	3,239
7	3,280	1,044	3,425
8	2,780	0,885	2,460
9	3,250	1,035	3,362
10	3,000	0,955	2,865
11	2,960	0,942	2,789
12	3,470	1,105	3,833
13	3,150	1,003	3,158
14	2,620	0,834	2,185

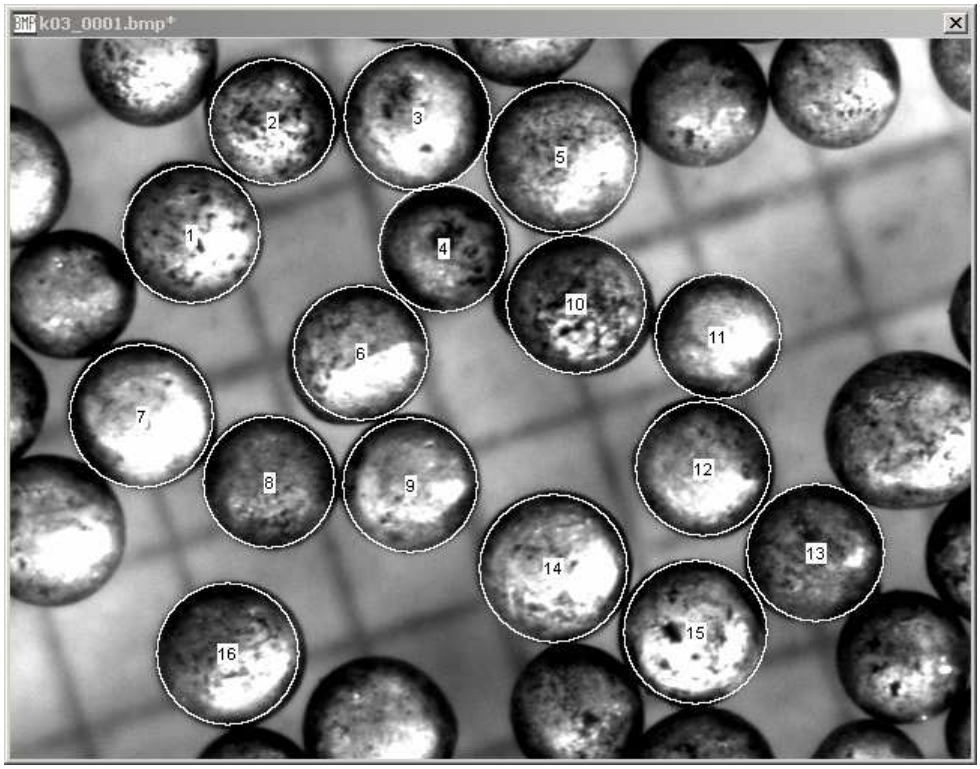


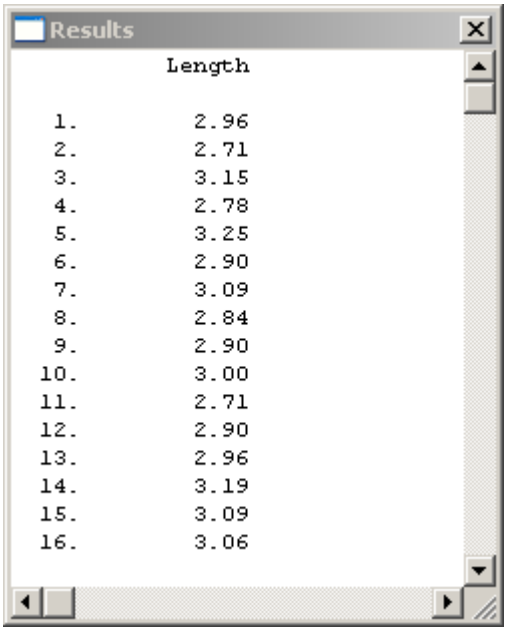

k02_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



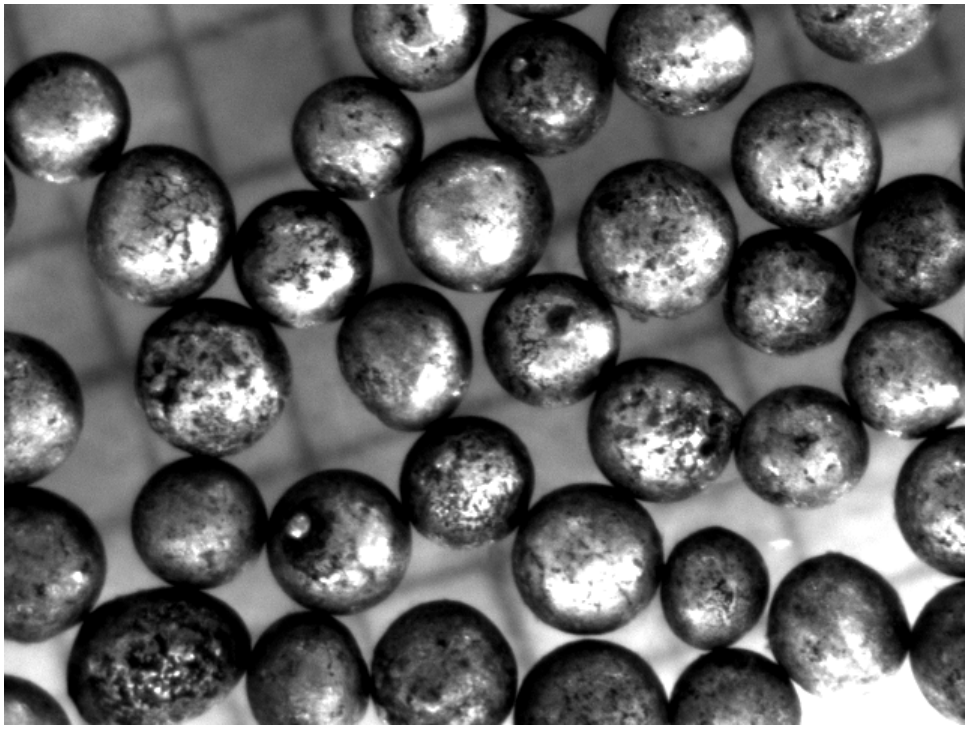
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,030	0,964	2,922
2	3,310	1,054	3,487
3	3,150	1,003	3,158
4	3,060	0,974	2,981
5	3,000	0,955	2,865
6	2,840	0,904	2,567
7	3,340	1,063	3,551
8	3,000	0,955	2,865
9	2,810	0,894	2,513
10	2,900	0,923	2,677
11	2,840	0,904	2,567
12	2,740	0,872	2,390
13	3,220	1,025	3,300
14	3,090	0,984	3,039

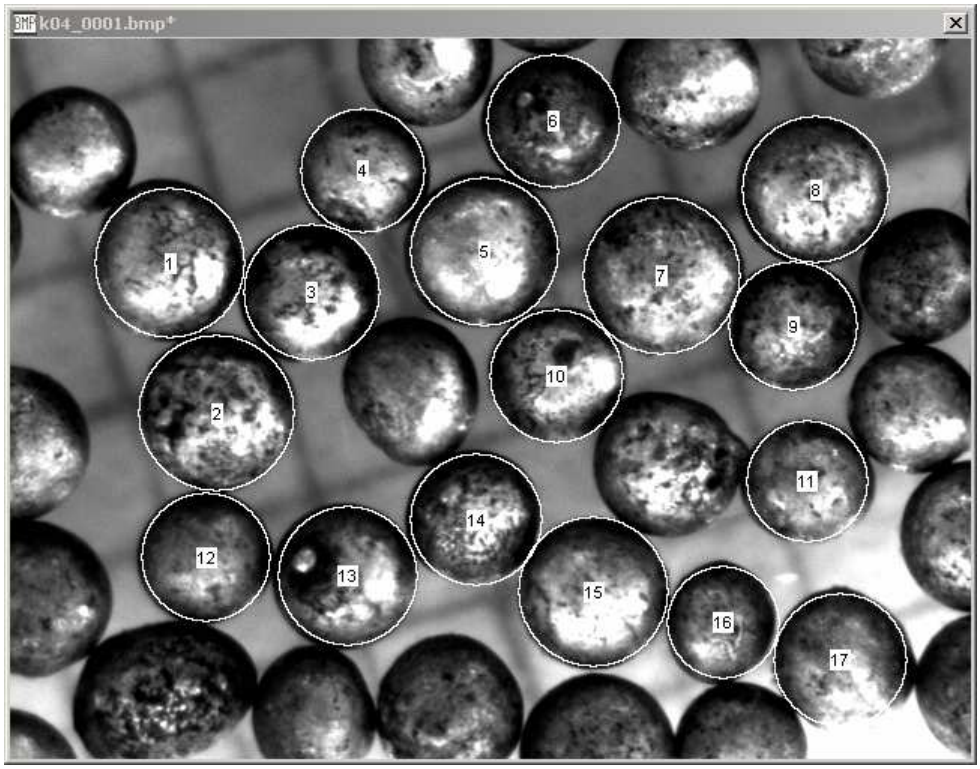


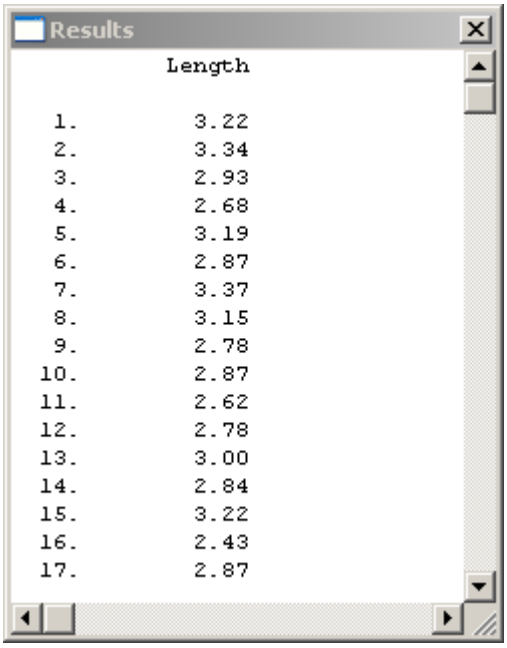

k03_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



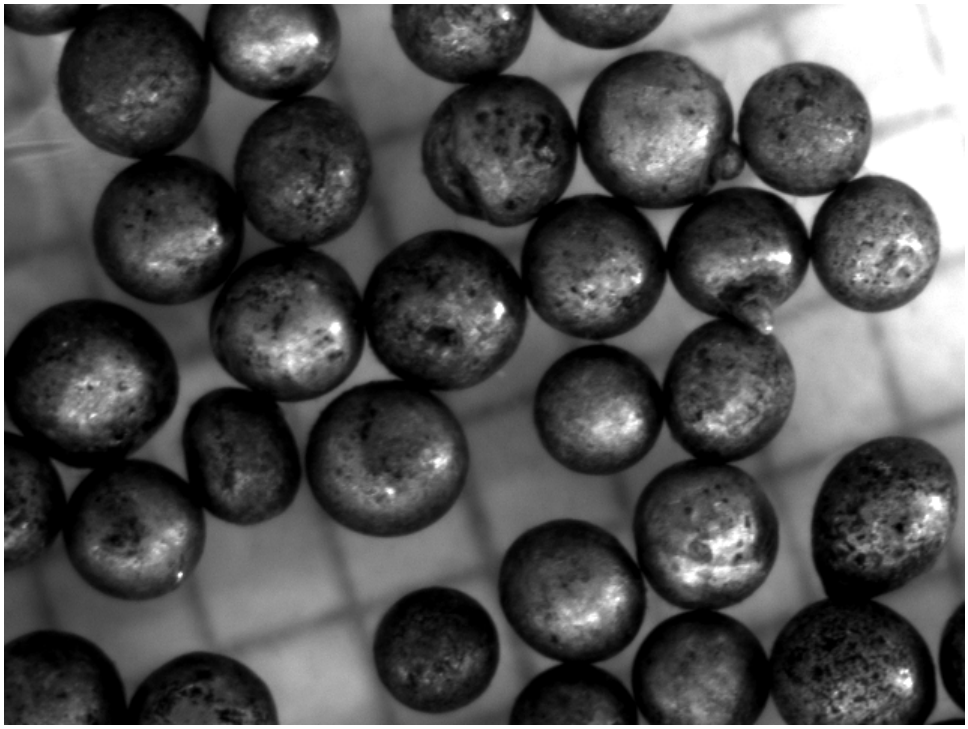
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,960	0,942	2,789
2	2,710	0,863	2,338
3	3,150	1,003	3,158
4	2,780	0,885	2,460
5	3,250	1,035	3,362
6	2,900	0,923	2,677
7	3,090	0,984	3,039
8	2,840	0,904	2,567
9	2,900	0,923	2,677
10	3,000	0,955	2,865
11	2,710	0,863	2,338
12	2,900	0,923	2,677
13	2,960	0,942	2,789
14	3,190	1,015	3,239
15	3,090	0,984	3,039
16	3,060	0,974	2,981



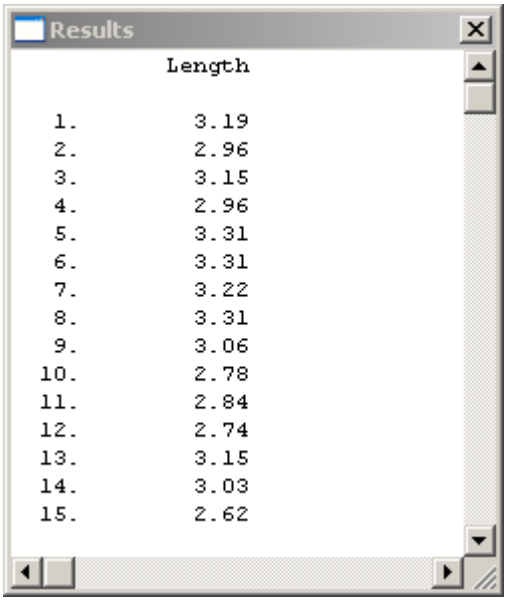

k04_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



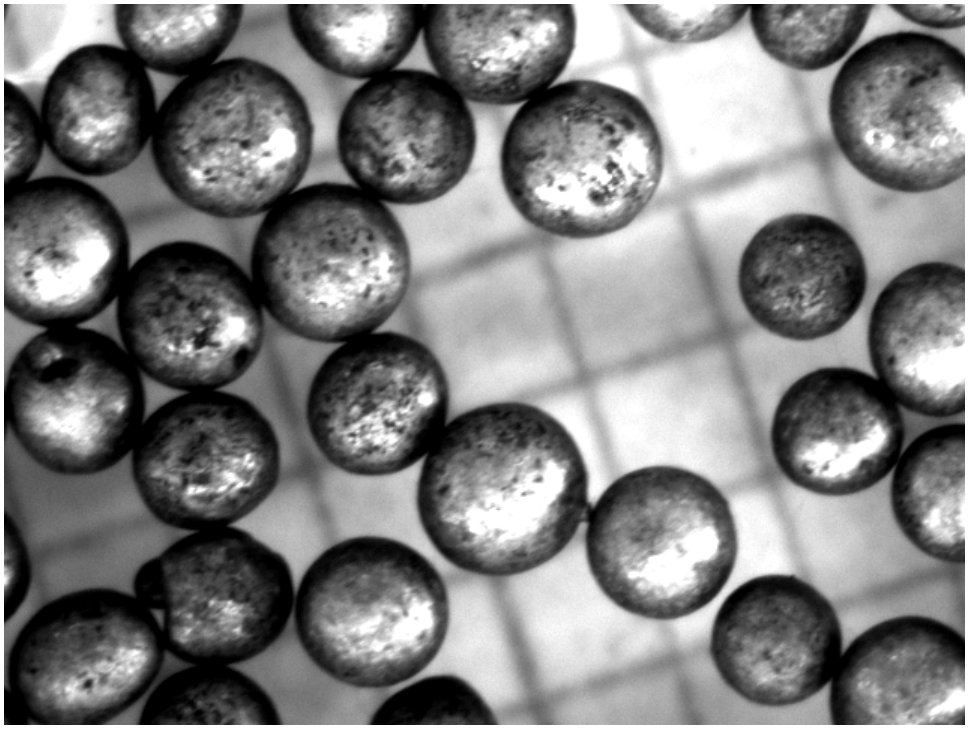
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,220	1,025	3,300
2	3,340	1,063	3,551
3	2,930	0,933	2,733
4	2,680	0,853	2,286
5	3,190	1,015	3,239
6	2,870	0,914	2,622
7	3,370	1,073	3,615
8	3,150	1,003	3,158
9	2,780	0,885	2,460
10	2,870	0,914	2,622
11	2,620	0,834	2,185
12	2,780	0,885	2,460
13	3,000	0,955	2,865
14	2,840	0,904	2,567
15	3,220	1,025	3,300
16	2,430	0,773	1,880
17	2,870	0,914	2,622

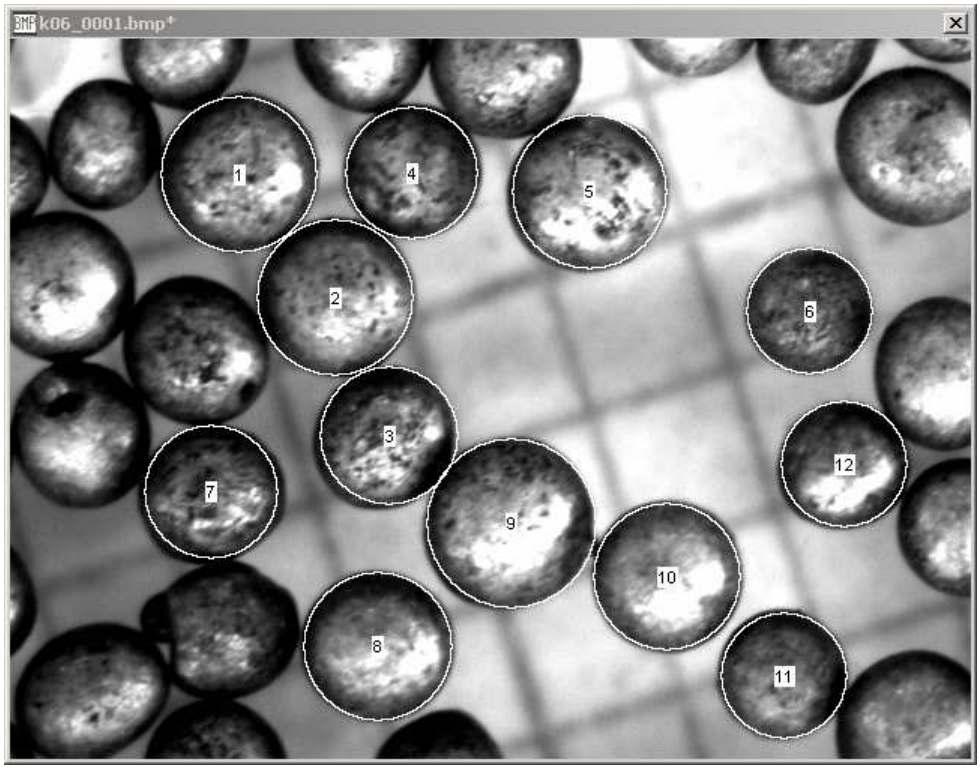


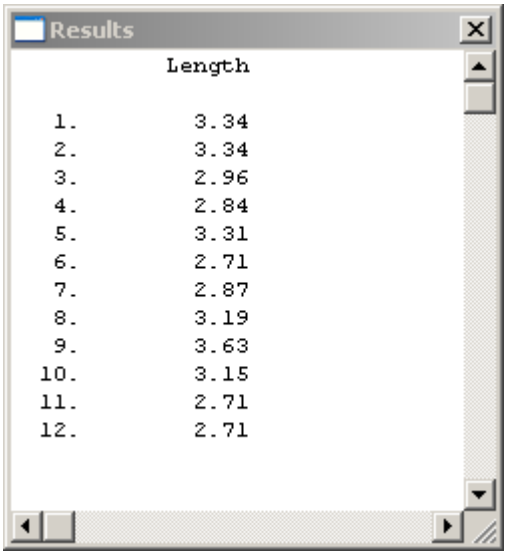

k05_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



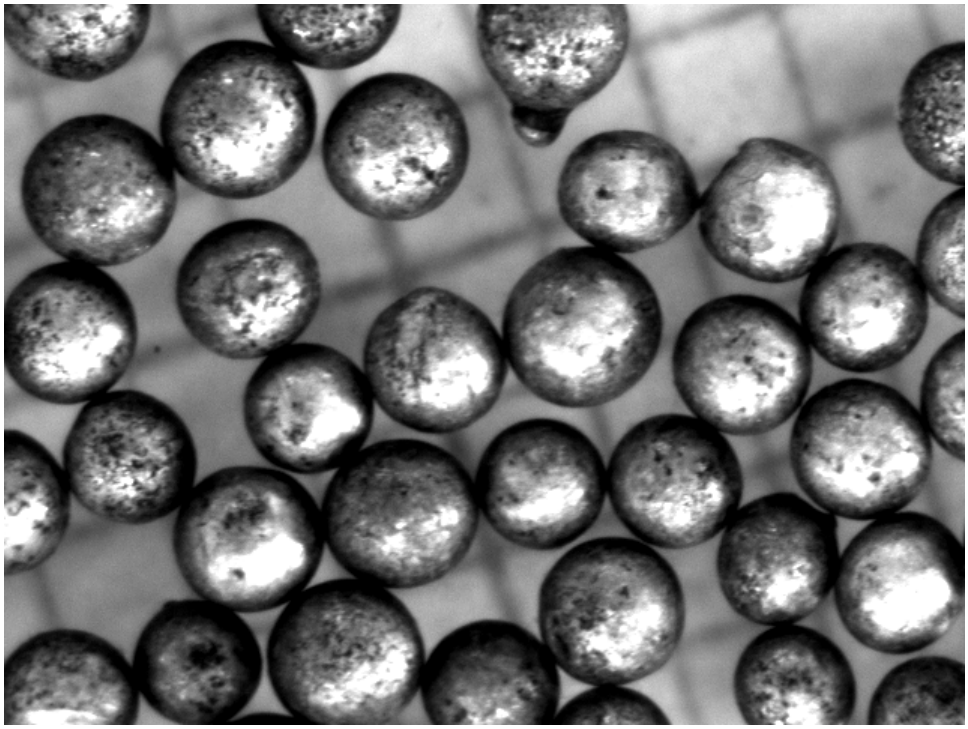
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,190	1,015	3,239
2	2,960	0,942	2,789
3	3,150	1,003	3,158
4	2,960	0,942	2,789
5	3,310	1,054	3,487
6	3,310	1,054	3,487
7	3,220	1,025	3,300
8	3,310	1,054	3,487
9	3,060	0,974	2,981
10	2,780	0,885	2,460
11	2,840	0,904	2,567
12	2,740	0,872	2,390
13	3,150	1,003	3,158
14	3,030	0,964	2,922
15	2,620	0,834	2,185

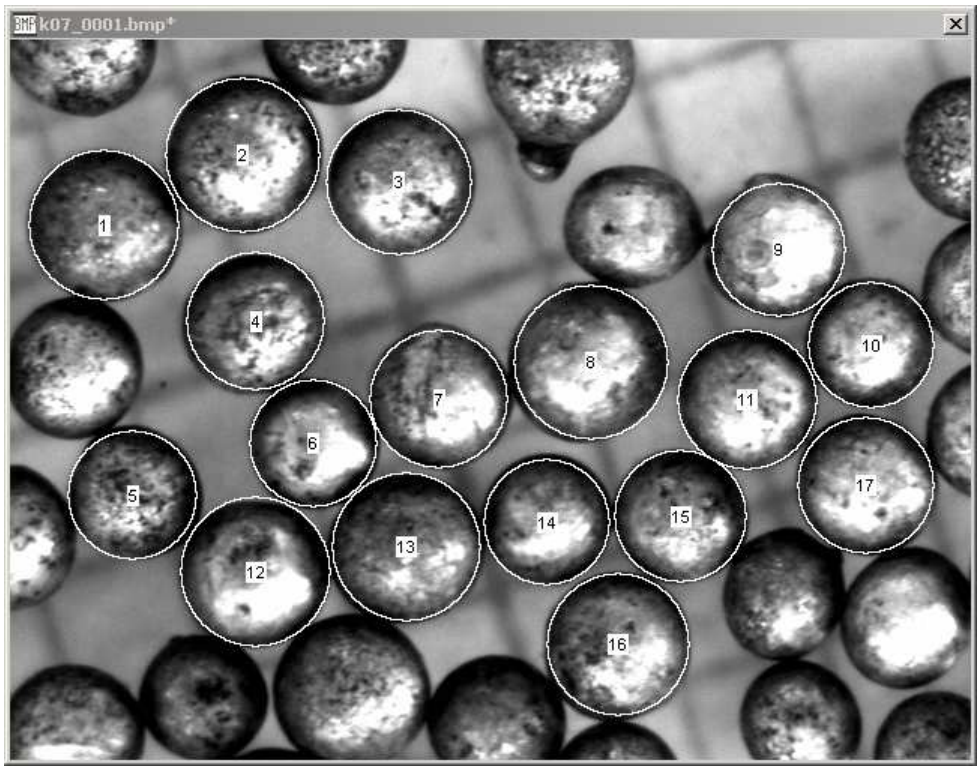


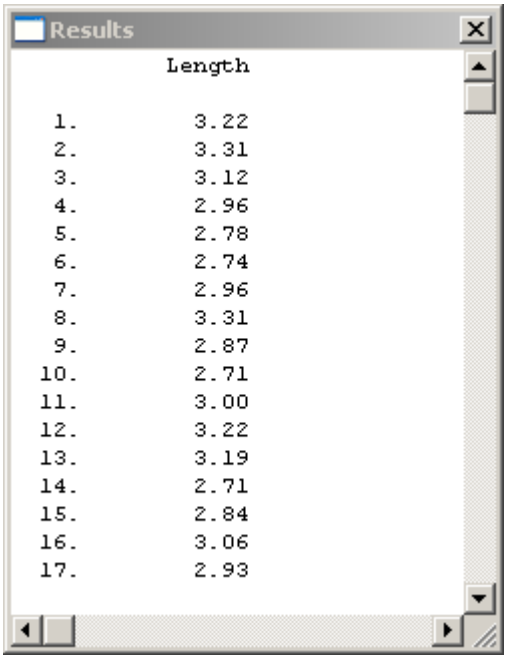

k06_0001.bmp*
1
4
5
2
6
3
12
7
9
10
8
11



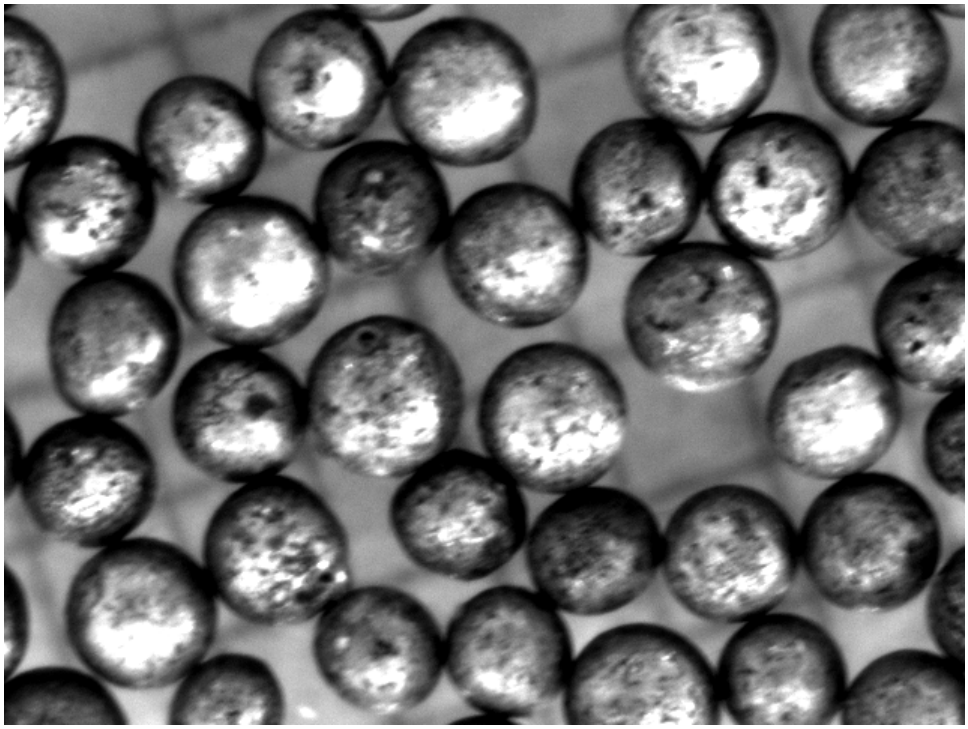
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,340	1,063	3,551
2	3,340	1,063	3,551
3	2,960	0,942	2,789
4	2,840	0,904	2,567
5	3,310	1,054	3,487
6	2,710	0,863	2,338
7	2,870	0,914	2,622
8	3,190	1,015	3,239
9	3,630	1,155	4,194
10	3,150	1,003	3,158
11	2,710	0,863	2,338
12	2,710	0,863	2,338

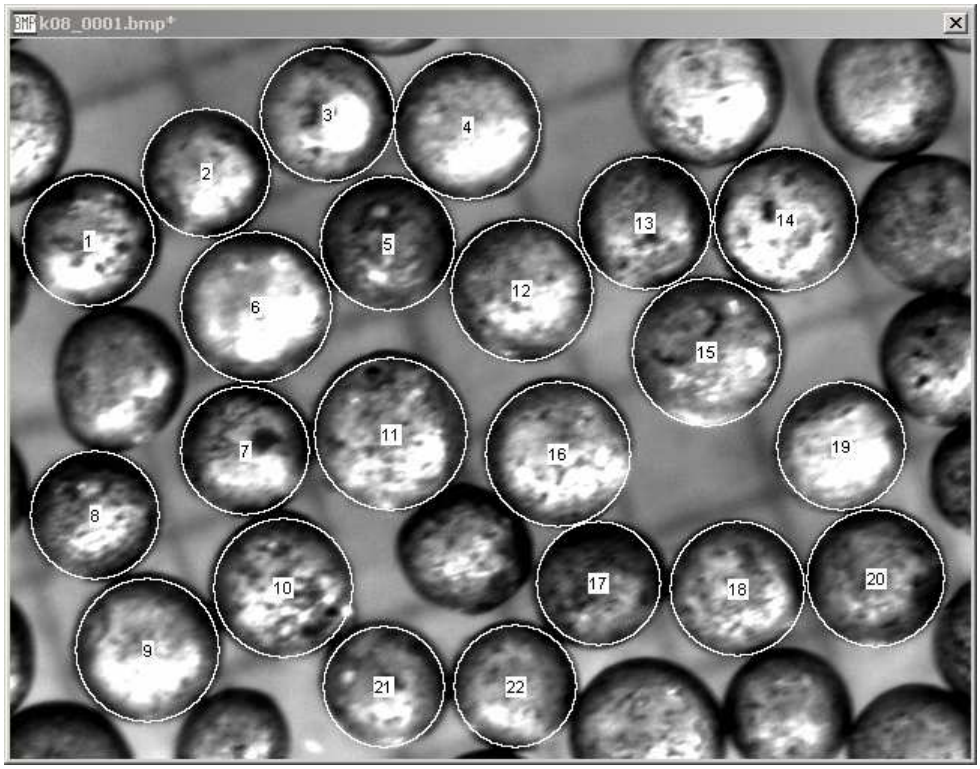


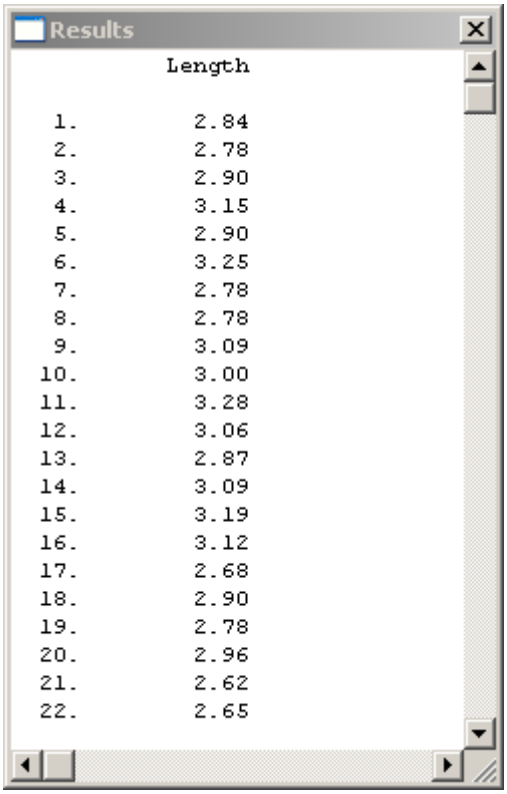

k07_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



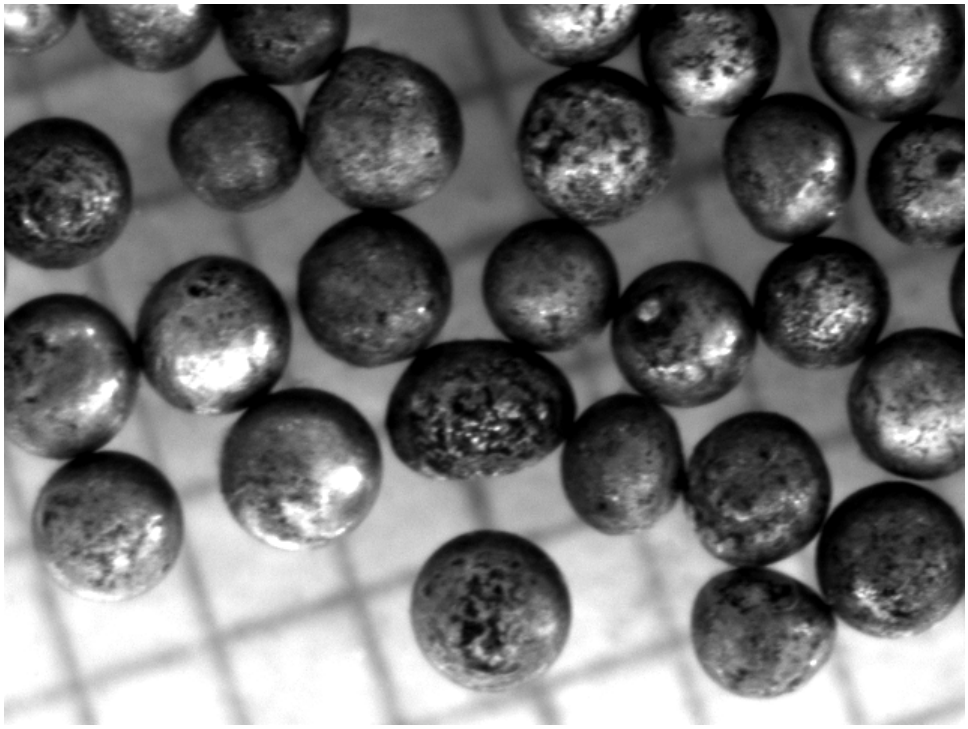
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,220	1,025	3,300
2	3,310	1,054	3,487
3	3,120	0,993	3,099
4	2,960	0,942	2,789
5	2,780	0,885	2,460
6	2,740	0,872	2,390
7	2,960	0,942	2,789
8	3,310	1,054	3,487
9	2,870	0,914	2,622
10	2,710	0,863	2,338
11	3,000	0,955	2,865
12	3,220	1,025	3,300
13	3,190	1,015	3,239
14	2,710	0,863	2,338
15	2,840	0,904	2,567
16	3,060	0,974	2,981
17	2,930	0,933	2,733

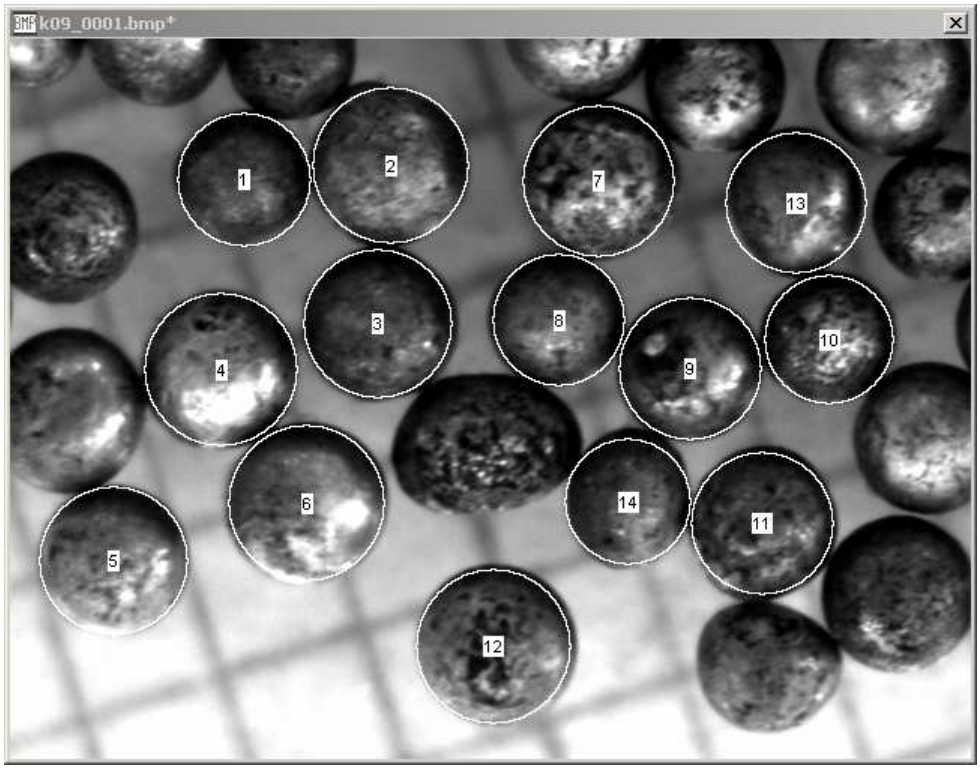


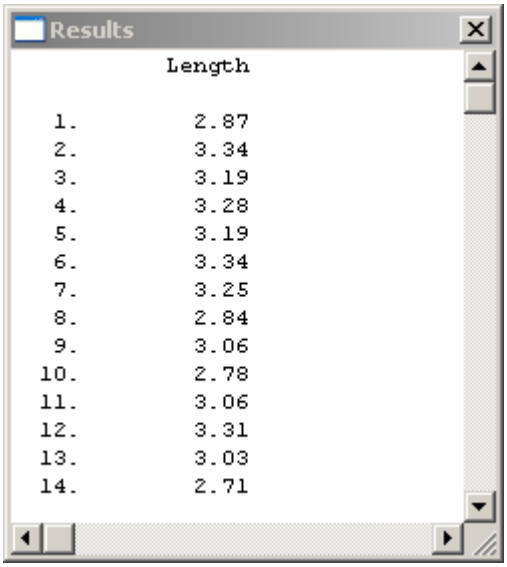

k08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22



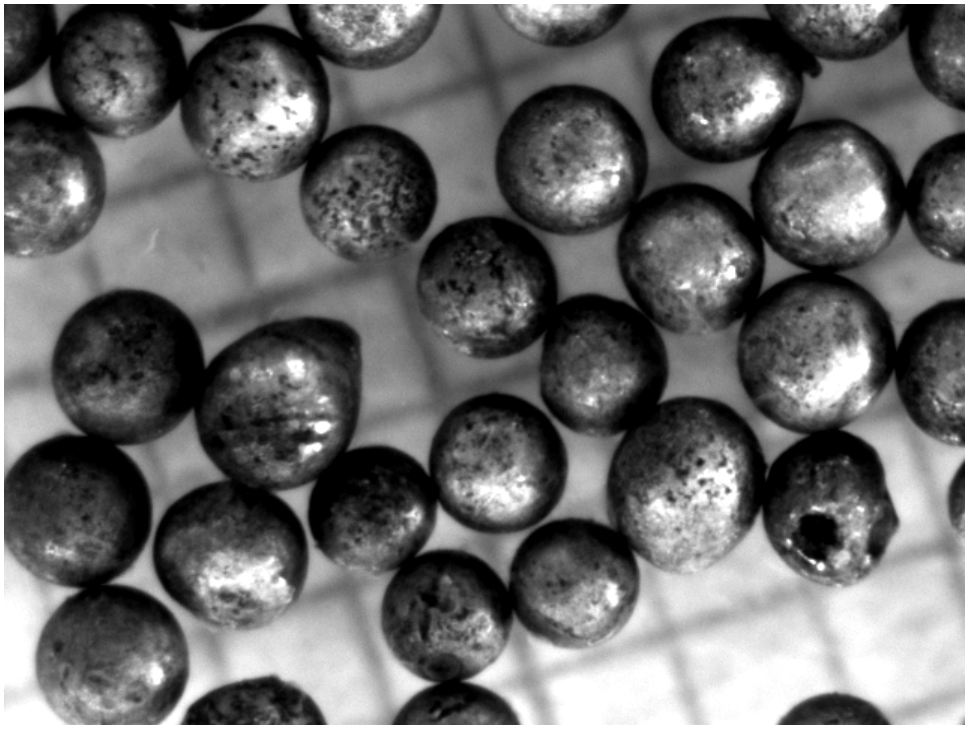
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,840	0,904	2,567
2	2,780	0,885	2,460
3	2,900	0,923	2,677
4	3,150	1,003	3,158
5	2,900	0,923	2,677
6	3,250	1,035	3,362
7	2,780	0,885	2,460
8	2,780	0,885	2,460
9	3,090	0,984	3,039
10	3,000	0,955	2,865
11	3,280	1,044	3,425
12	3,060	0,974	2,981
13	2,870	0,914	2,622
14	3,090	0,984	3,039
15	3,190	1,015	3,239
16	3,120	0,993	3,099
17	2,680	0,853	2,286
18	2,900	0,923	2,677
19	2,780	0,885	2,460
20	2,960	0,942	2,789
21	2,620	0,834	2,185
22	2,650	0,844	2,235



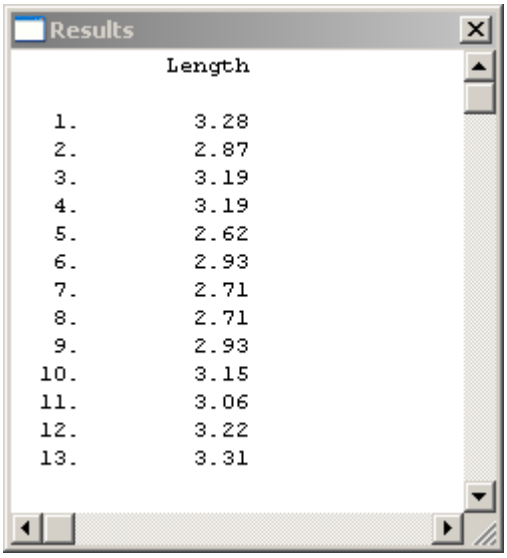

k09_0001.bmp*
1
2
7
13
3
8
10
4
9
6
14
11
5
12



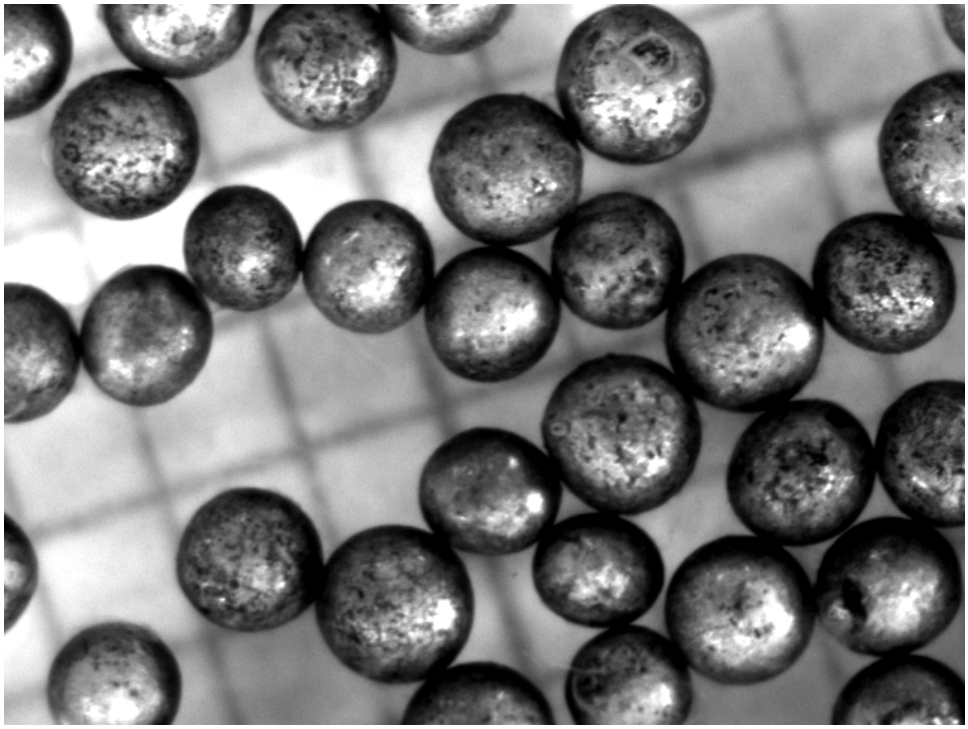
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,870	0,914	2,622
2	3,340	1,063	3,551
3	3,190	1,015	3,239
4	3,280	1,044	3,425
5	3,190	1,015	3,239
6	3,340	1,063	3,551
7	3,250	1,035	3,362
8	2,840	0,904	2,567
9	3,060	0,974	2,981
10	2,780	0,885	2,460
11	3,060	0,974	2,981
12	3,310	1,054	3,487
13	3,030	0,964	2,922
14	2,710	0,863	2,338

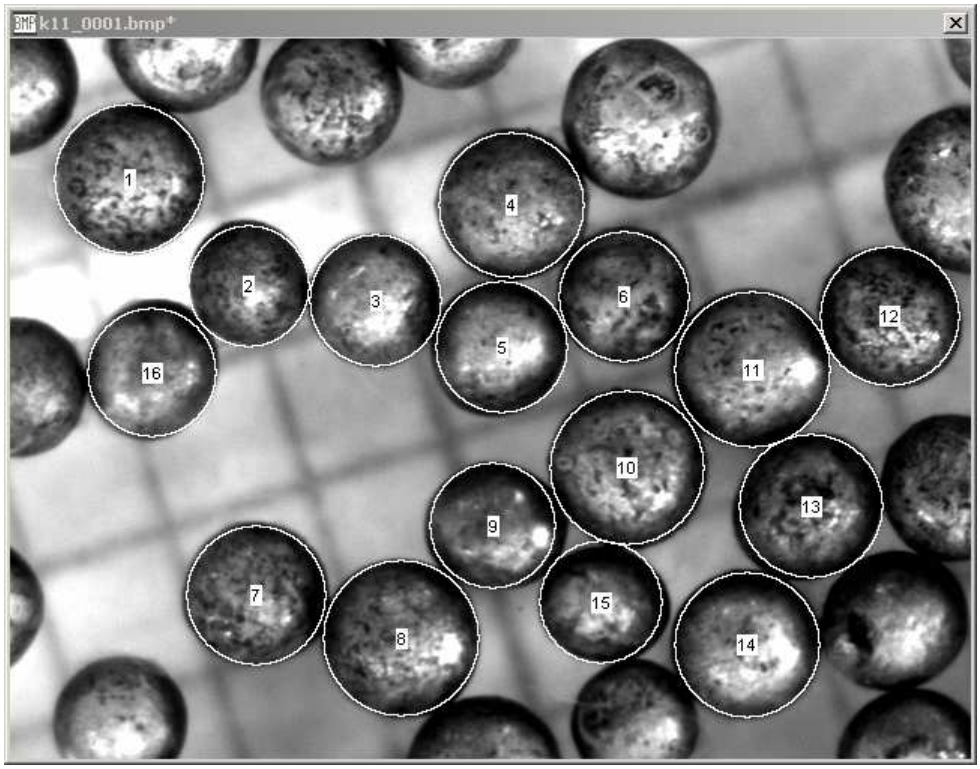


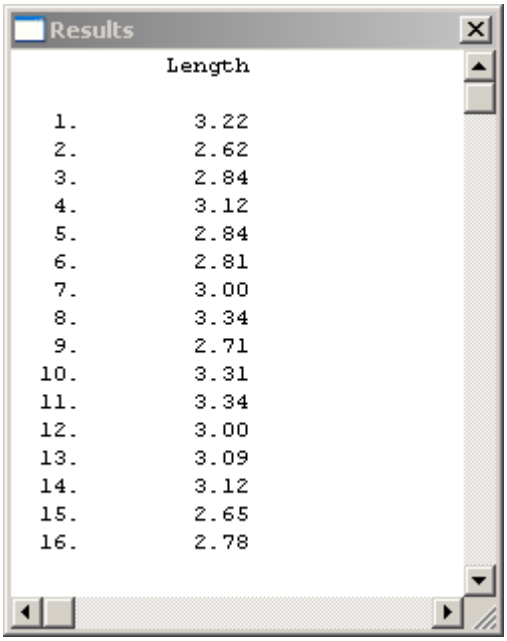

k10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



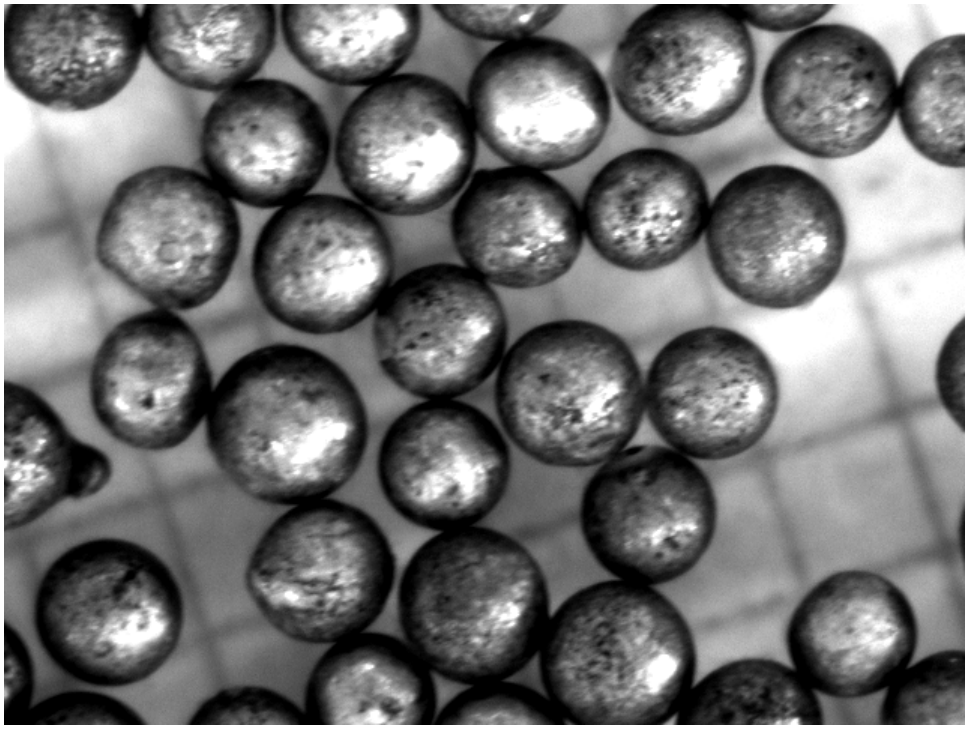
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,280	1,044	3,425
2	2,870	0,914	2,622
3	3,190	1,015	3,239
4	3,190	1,015	3,239
5	2,620	0,834	2,185
6	2,930	0,933	2,733
7	2,710	0,863	2,338
8	2,710	0,863	2,338
9	2,930	0,933	2,733
10	3,150	1,003	3,158
11	3,060	0,974	2,981
12	3,220	1,025	3,300
13	3,310	1,054	3,487

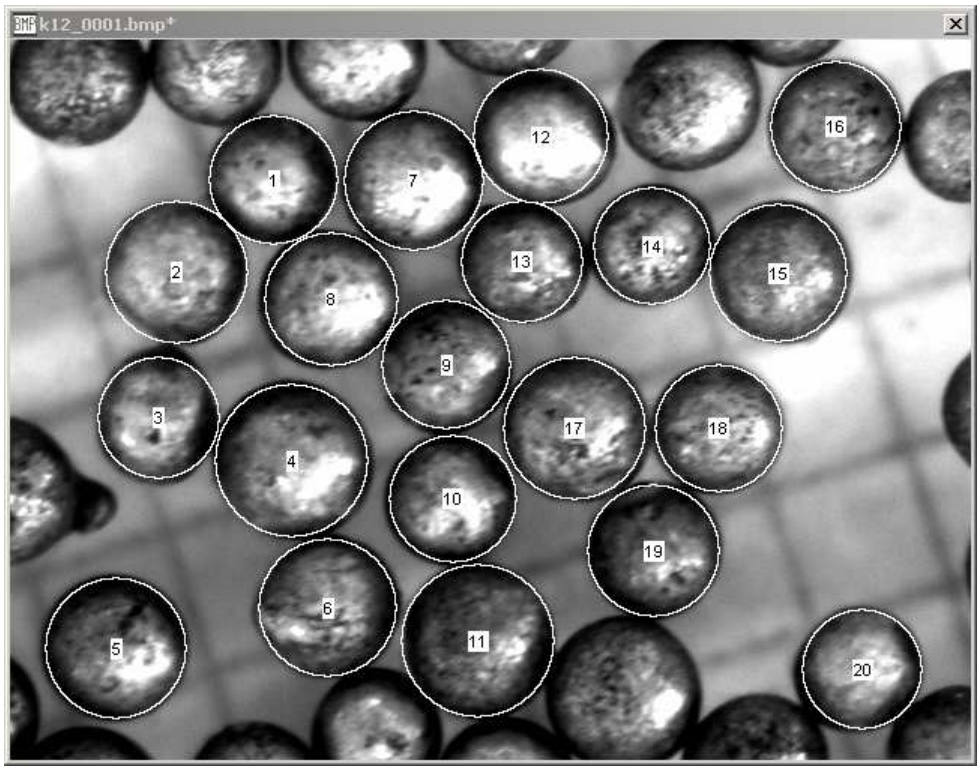


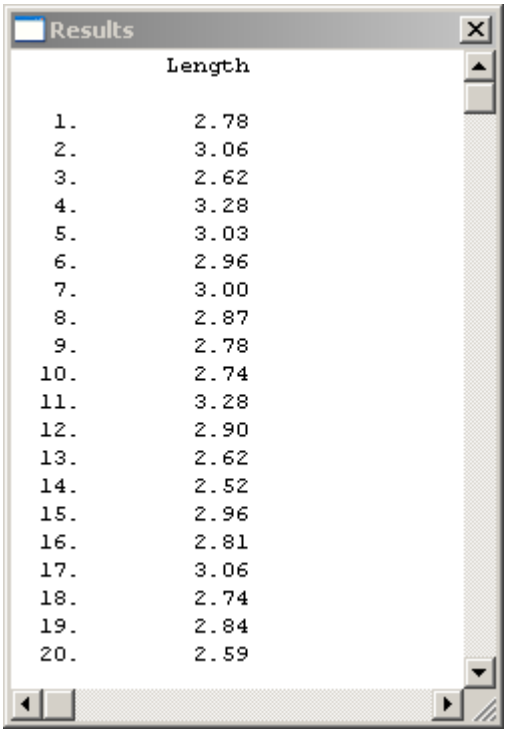

k11_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



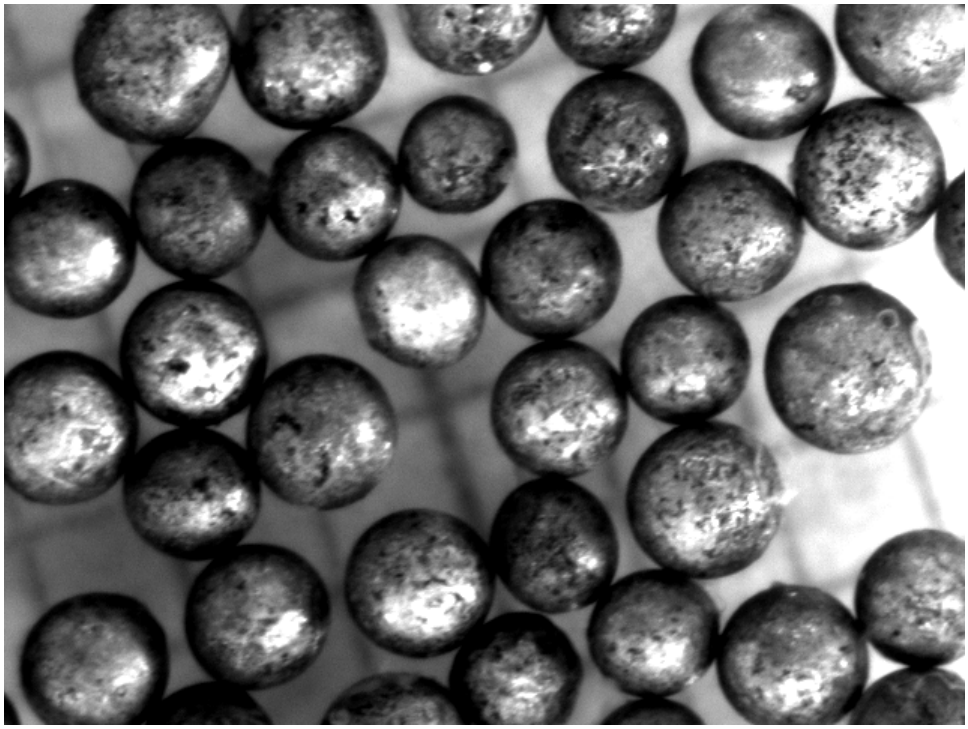
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,220	1,025	3,300
2	2,620	0,834	2,185
3	2,840	0,904	2,567
4	3,120	0,993	3,099
5	2,840	0,904	2,567
6	2,810	0,894	2,513
7	3,000	0,955	2,865
8	3,340	1,063	3,551
9	2,710	0,863	2,338
10	3,310	1,054	3,487
11	3,340	1,063	3,551
12	3,000	0,955	2,865
13	3,090	0,984	3,039
14	3,120	0,993	3,099
15	2,650	0,844	2,235
16	2,780	0,885	2,460



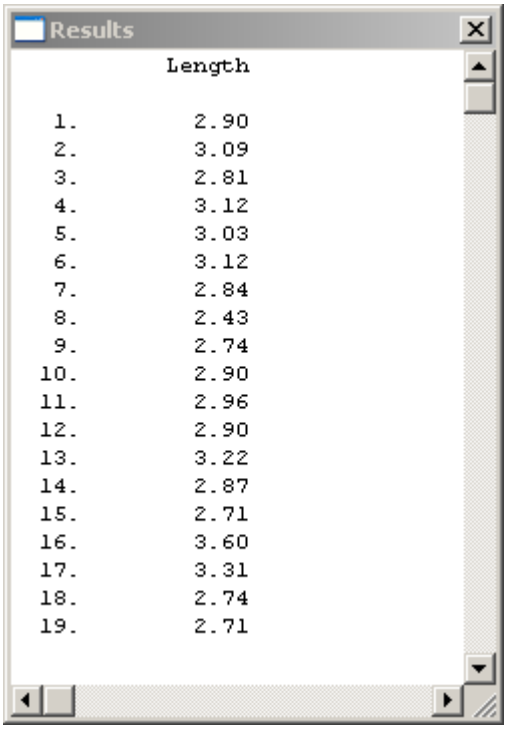

k12_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20



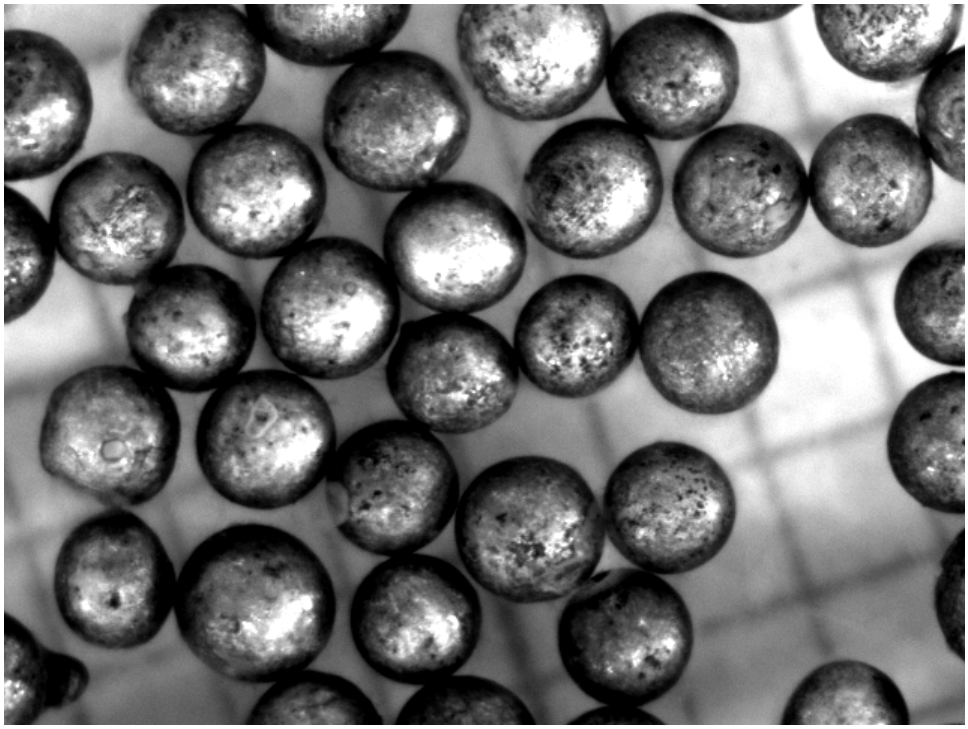
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,780	0,885	2,460
2	3,060	0,974	2,981
3	2,620	0,834	2,185
4	3,280	1,044	3,425
5	3,030	0,964	2,922
6	2,960	0,942	2,789
7	3,000	0,955	2,865
8	2,870	0,914	2,622
9	2,780	0,885	2,460
10	2,740	0,872	2,390
11	3,280	1,044	3,425
12	2,900	0,923	2,677
13	2,620	0,834	2,185
14	2,520	0,802	2,021
15	2,960	0,942	2,789
16	2,810	0,894	2,513
17	3,060	0,974	2,981
18	2,740	0,872	2,390
19	2,840	0,904	2,567
20	2,590	0,824	2,135

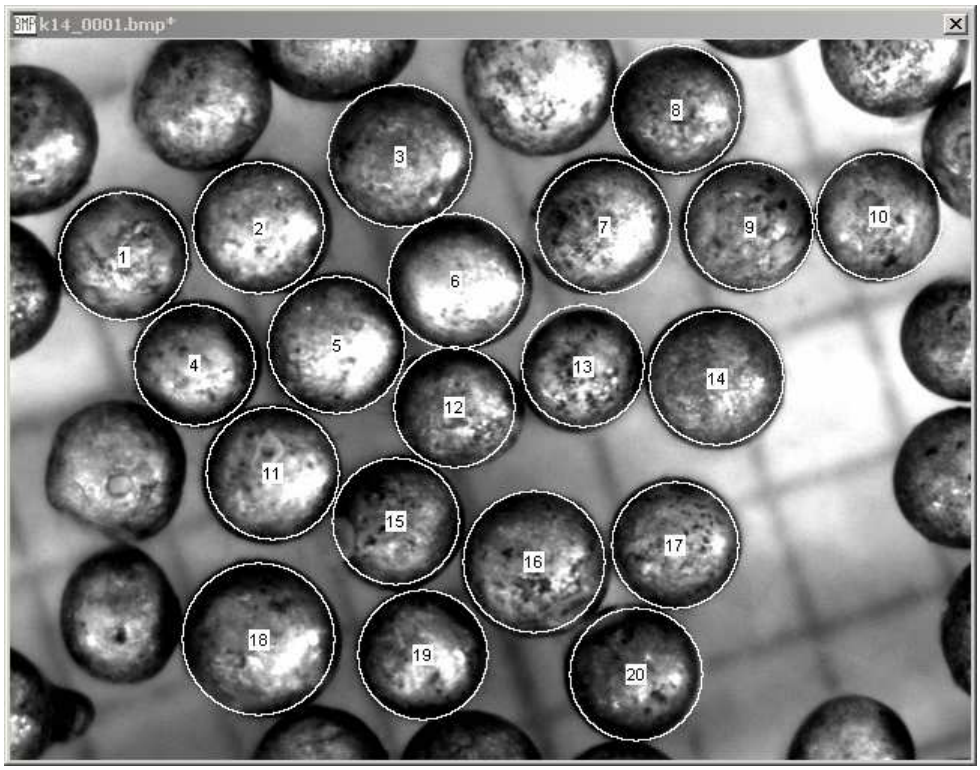


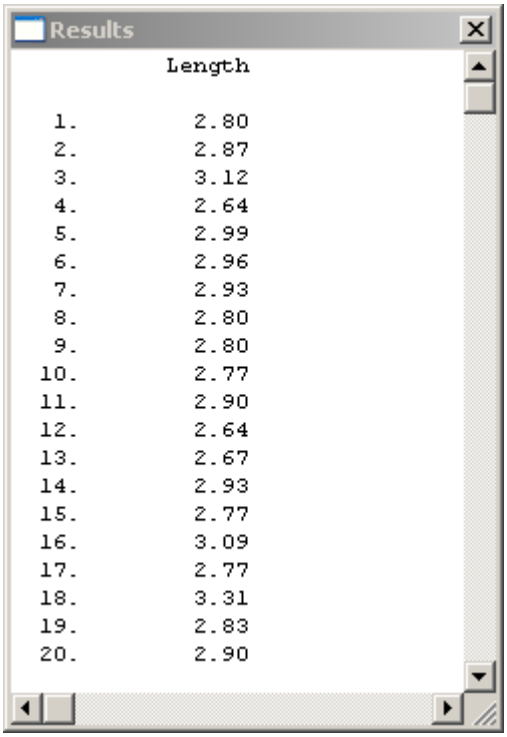

k13_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19



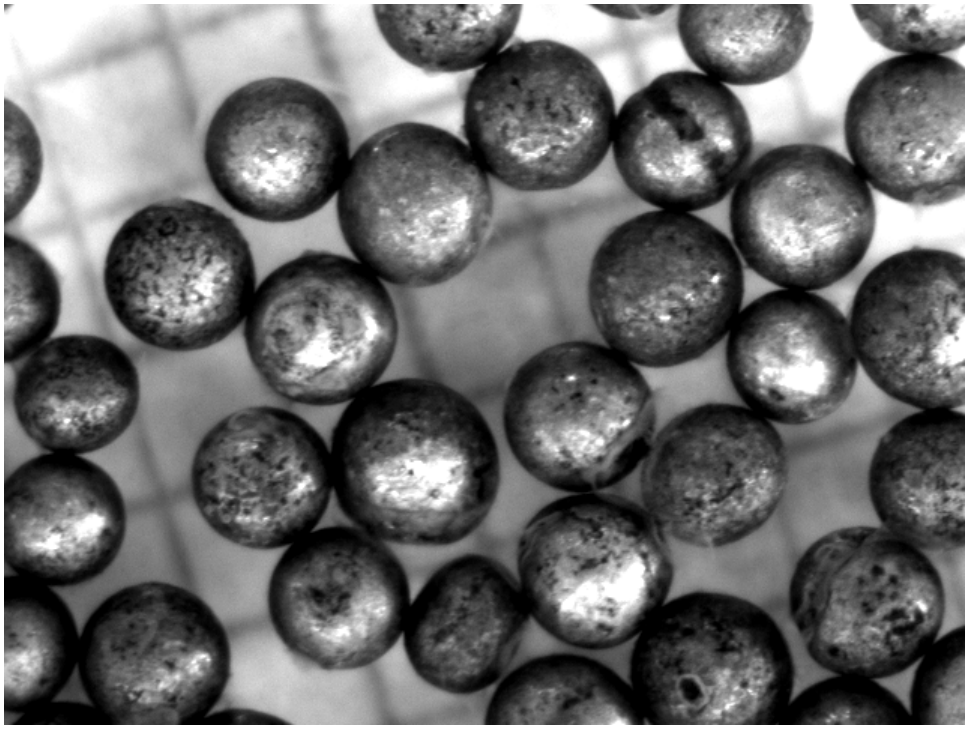
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,900	0,923	2,677
2	3,090	0,984	3,039
3	2,810	0,894	2,513
4	3,120	0,993	3,099
5	3,030	0,964	2,922
6	3,120	0,993	3,099
7	2,840	0,904	2,567
8	2,430	0,773	1,880
9	2,740	0,872	2,390
10	2,900	0,923	2,677
11	2,960	0,942	2,789
12	2,900	0,923	2,677
13	3,220	1,025	3,300
14	2,870	0,914	2,622
15	2,710	0,863	2,338
16	3,600	1,146	4,125
17	3,310	1,054	3,487
18	2,740	0,872	2,390
19	2,710	0,863	2,338



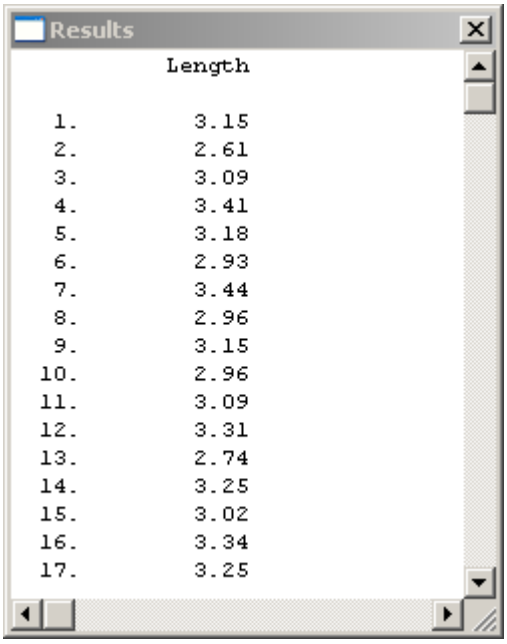

k14_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,800	0,891	2,496
2	2,870	0,914	2,622
3	3,120	0,993	3,099
4	2,640	0,840	2,218
5	2,990	0,952	2,846
6	2,960	0,942	2,789
7	2,930	0,933	2,733
8	2,800	0,891	2,496
9	2,800	0,891	2,496
10	2,770	0,882	2,442
11	2,900	0,923	2,677
12	2,640	0,840	2,218
13	2,670	0,850	2,269
14	2,930	0,933	2,733
15	2,770	0,882	2,442
16	3,090	0,984	3,039
17	2,770	0,882	2,442
18	3,310	1,054	3,487
19	2,830	0,901	2,549
20	2,900	0,923	2,677

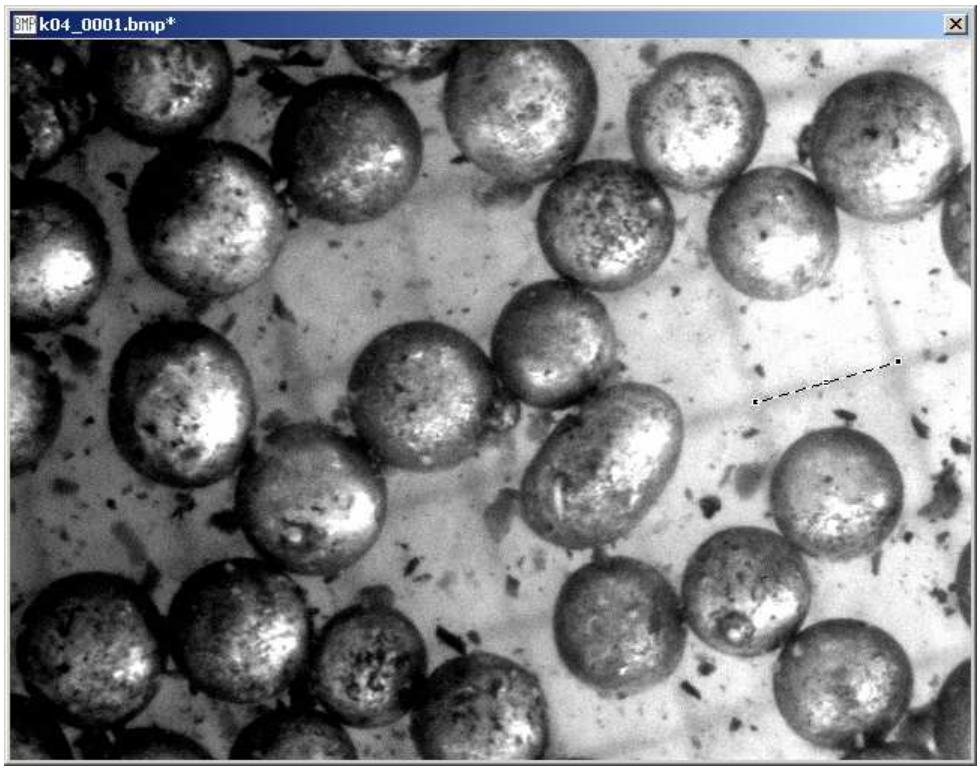


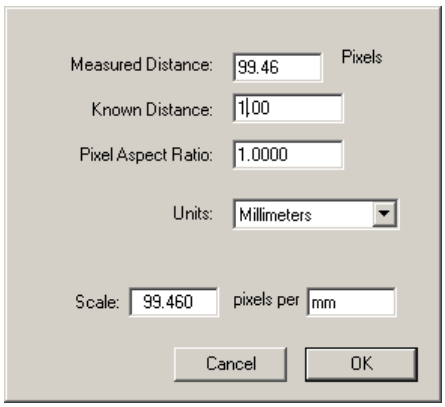

k15_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17

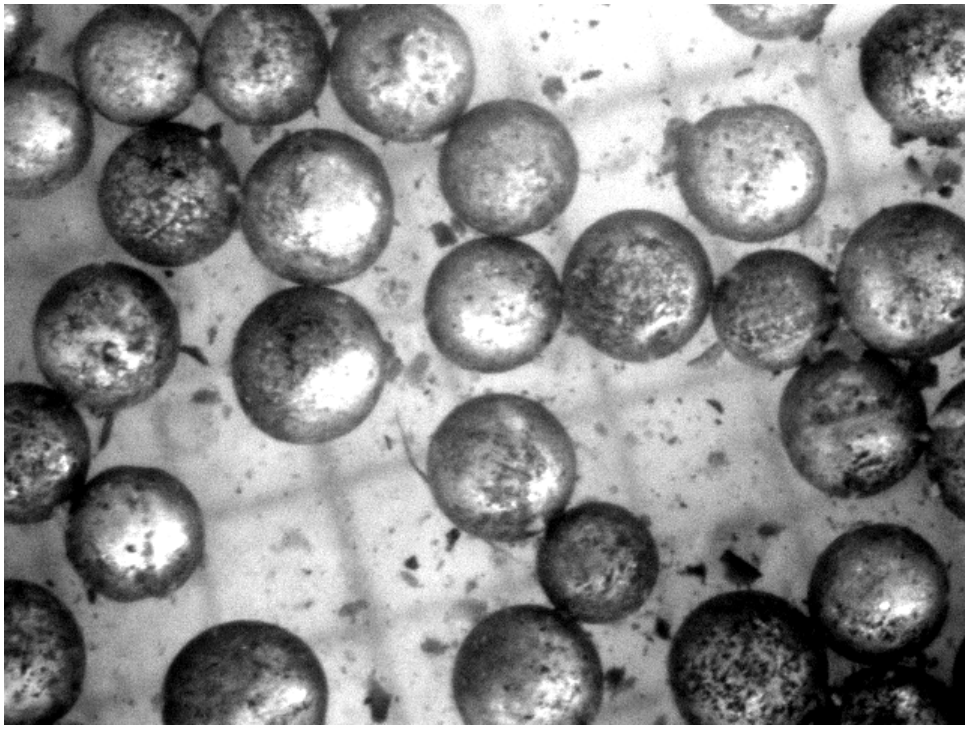


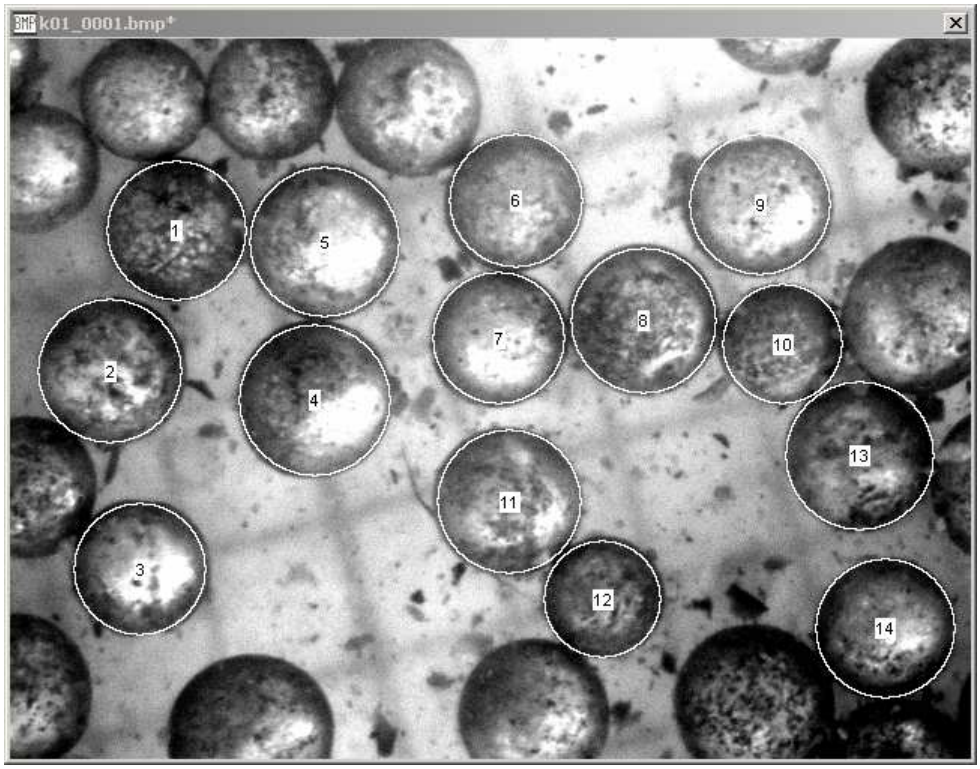
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,150	1,003	3,158
2	2,610	0,831	2,168
3	3,090	0,984	3,039
4	3,410	1,085	3,701
5	3,180	1,012	3,219
6	2,930	0,933	2,733
7	3,440	1,095	3,767
8	2,960	0,942	2,789
9	3,150	1,003	3,158
10	2,960	0,942	2,789
11	3,090	0,984	3,039
12	3,310	1,054	3,487
13	2,740	0,872	2,390
14	3,250	1,035	3,362
15	3,020	0,961	2,903
16	3,340	1,063	3,551
17	3,250	1,035	3,362

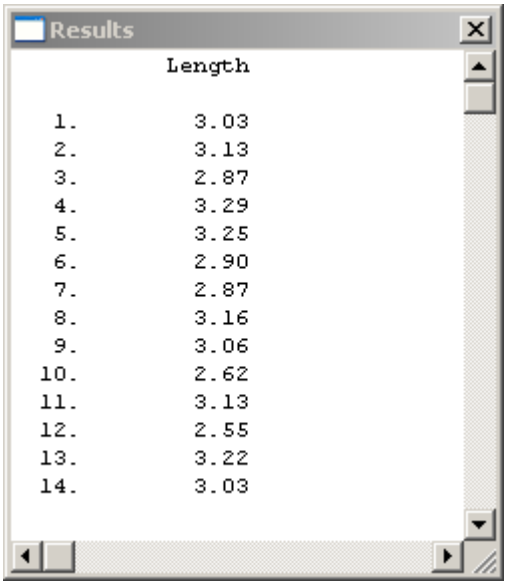
D.3.8 DIA 27 (18-MAIO-2009)



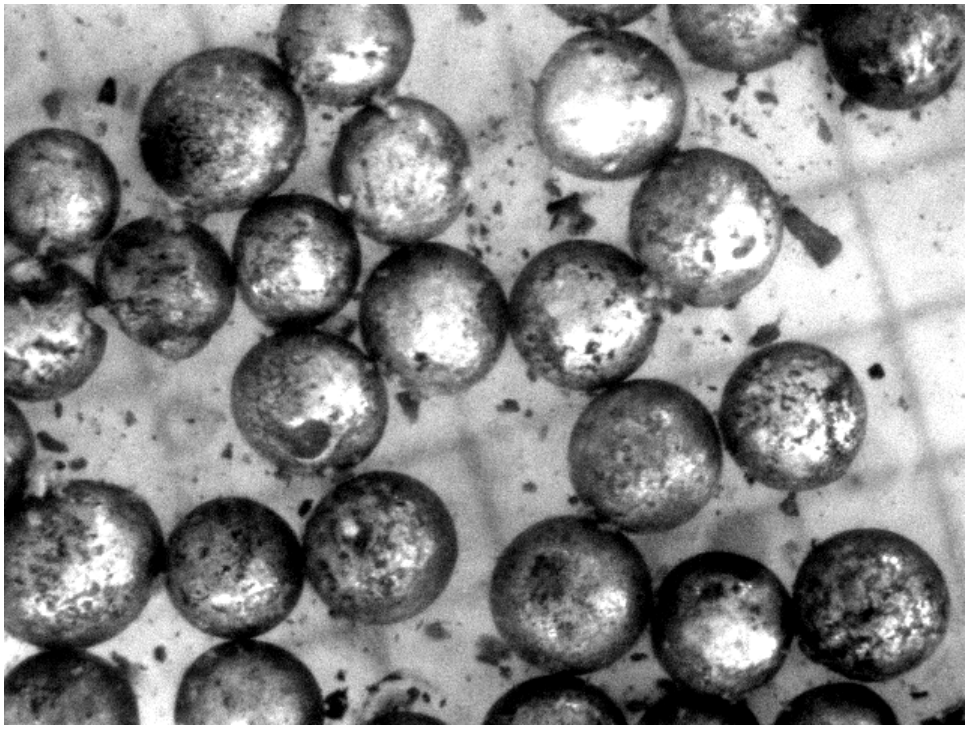




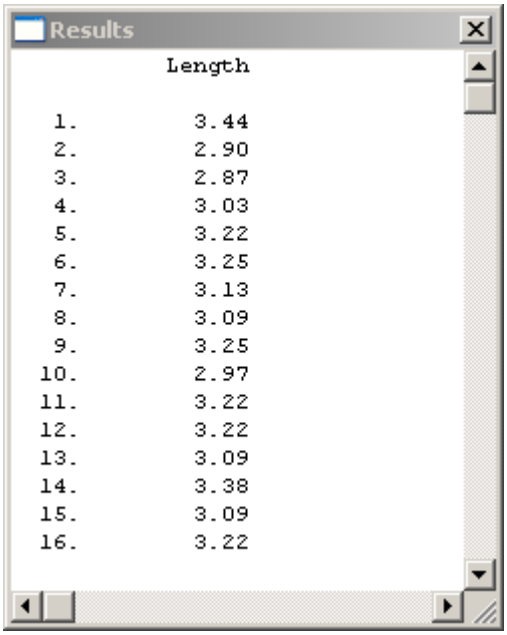

k01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



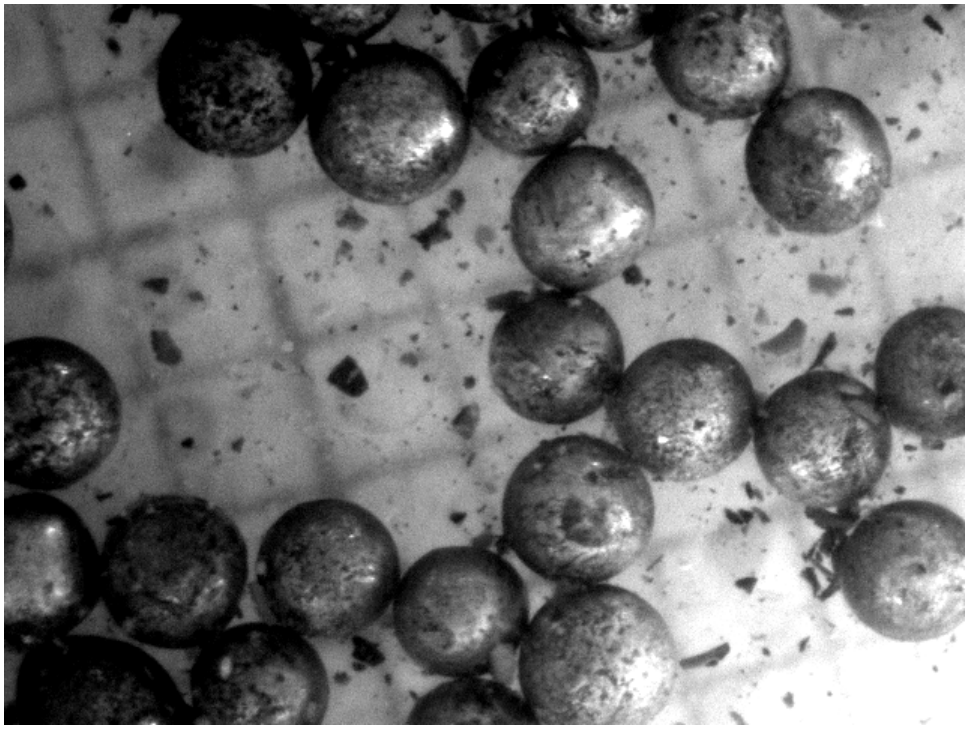
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,030	0,964	2,922
2	3,130	0,996	3,118
3	2,870	0,914	2,622
4	3,290	1,047	3,445
5	3,250	1,035	3,362
6	2,900	0,923	2,677
7	2,870	0,914	2,622
8	3,160	1,006	3,179
9	3,060	0,974	2,981
10	2,620	0,834	2,185
11	3,130	0,996	3,118
12	2,550	0,812	2,070
13	3,220	1,025	3,300
14	3,030	0,964	2,922



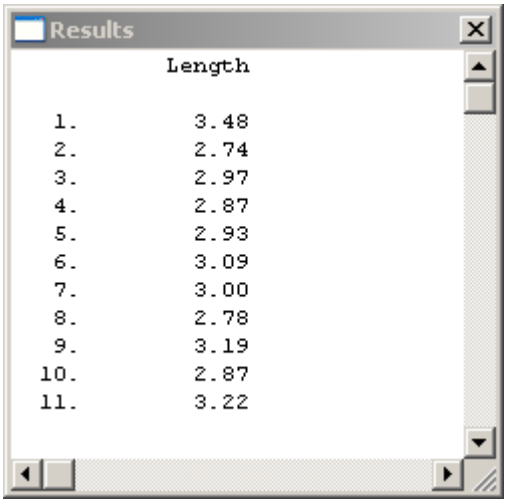

k02_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



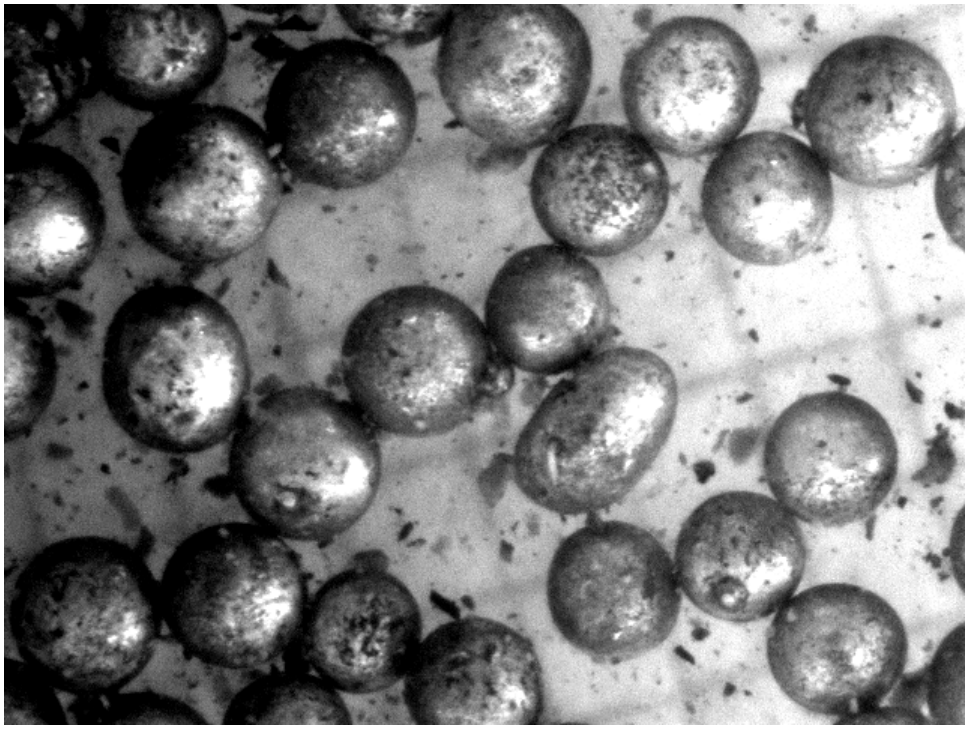
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,440	1,095	3,767
2	2,900	0,923	2,677
3	2,870	0,914	2,622
4	3,030	0,964	2,922
5	3,220	1,025	3,300
6	3,250	1,035	3,362
7	3,130	0,996	3,118
8	3,090	0,984	3,039
9	3,250	1,035	3,362
10	2,970	0,945	2,808
11	3,220	1,025	3,300
12	3,220	1,025	3,300
13	3,090	0,984	3,039
14	3,380	1,076	3,636
15	3,090	0,984	3,039
16	3,220	1,025	3,300



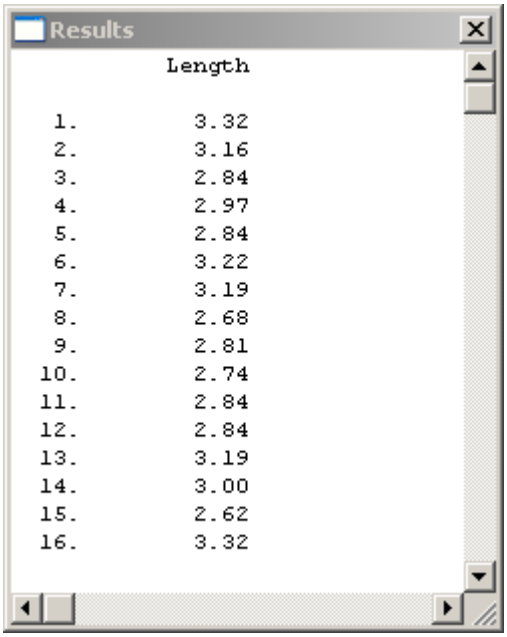

k03_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11



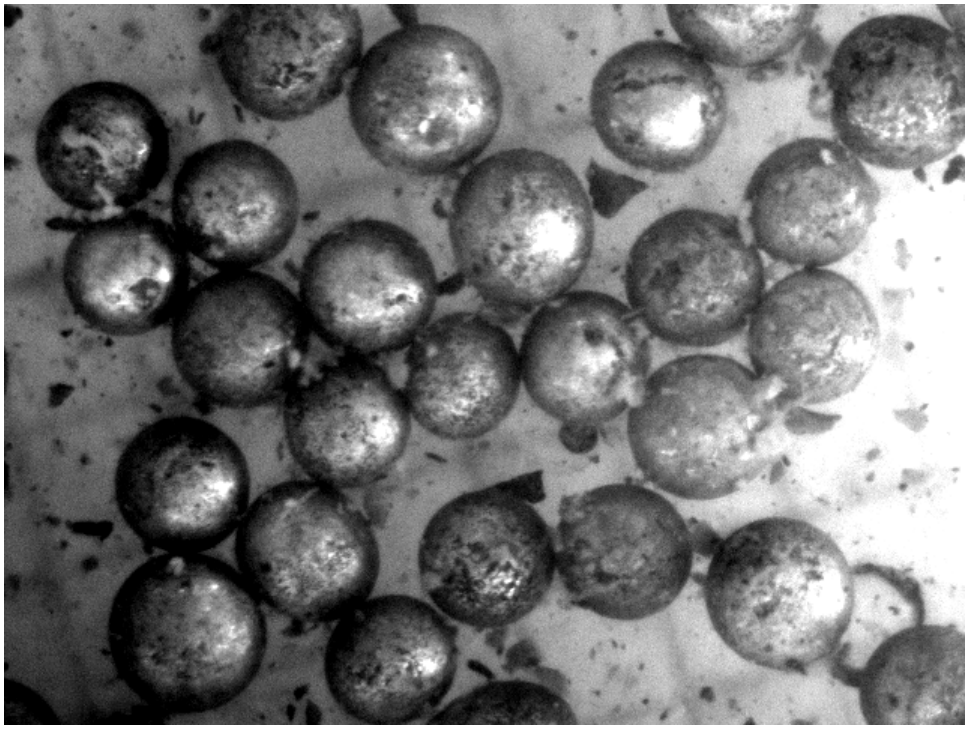
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,480	1,108	3,855
2	2,740	0,872	2,390
3	2,970	0,945	2,808
4	2,870	0,914	2,622
5	2,930	0,933	2,733
6	3,090	0,984	3,039
7	3,000	0,955	2,865
8	2,780	0,885	2,460
9	3,190	1,015	3,239
10	2,870	0,914	2,622
11	3,220	1,025	3,300



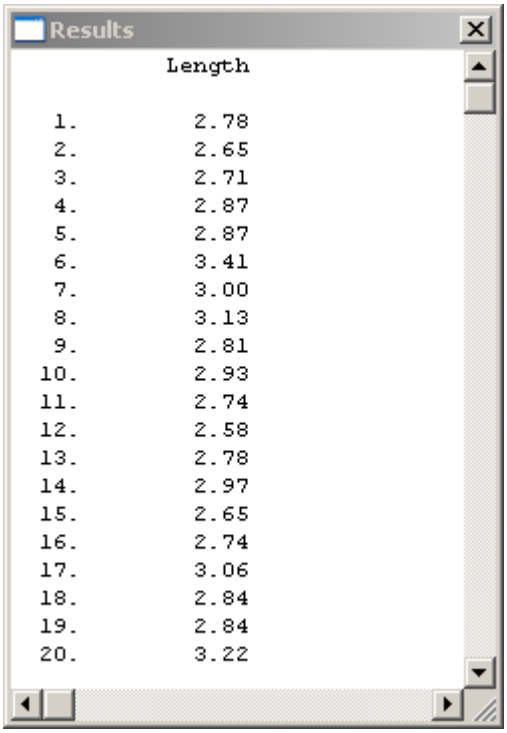

k04_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



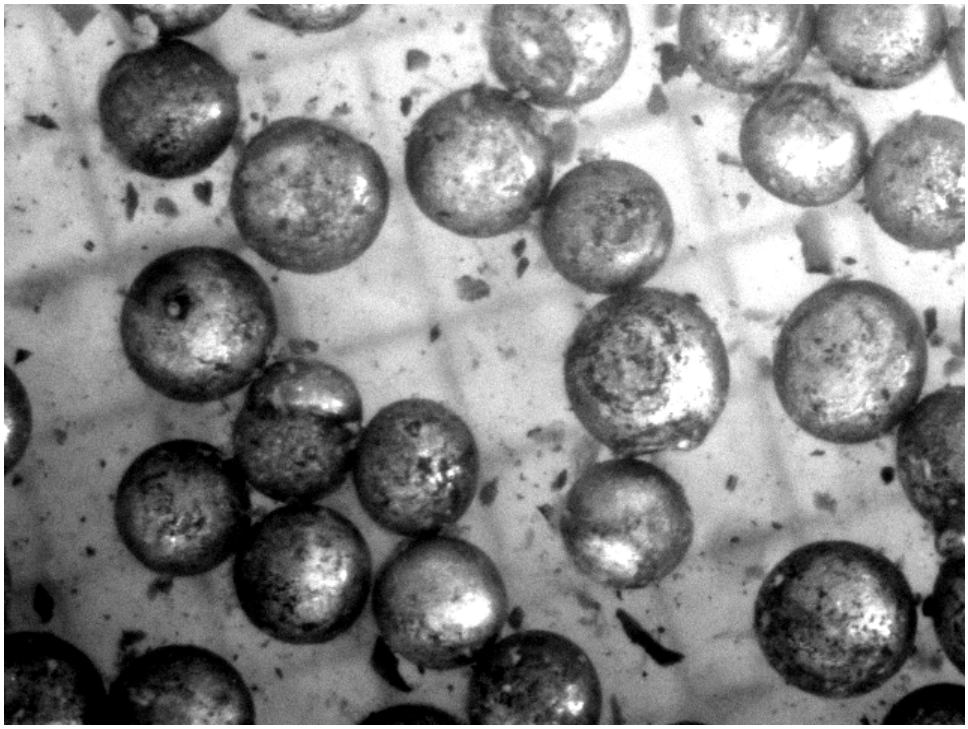
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,320	1,057	3,509
2	3,160	1,006	3,179
3	2,840	0,904	2,567
4	2,970	0,945	2,808
5	2,840	0,904	2,567
6	3,220	1,025	3,300
7	3,190	1,015	3,239
8	2,680	0,853	2,286
9	2,810	0,894	2,513
10	2,740	0,872	2,390
11	2,840	0,904	2,567
12	2,840	0,904	2,567
13	3,190	1,015	3,239
14	3,000	0,955	2,865
15	2,620	0,834	2,185
16	3,320	1,057	3,509

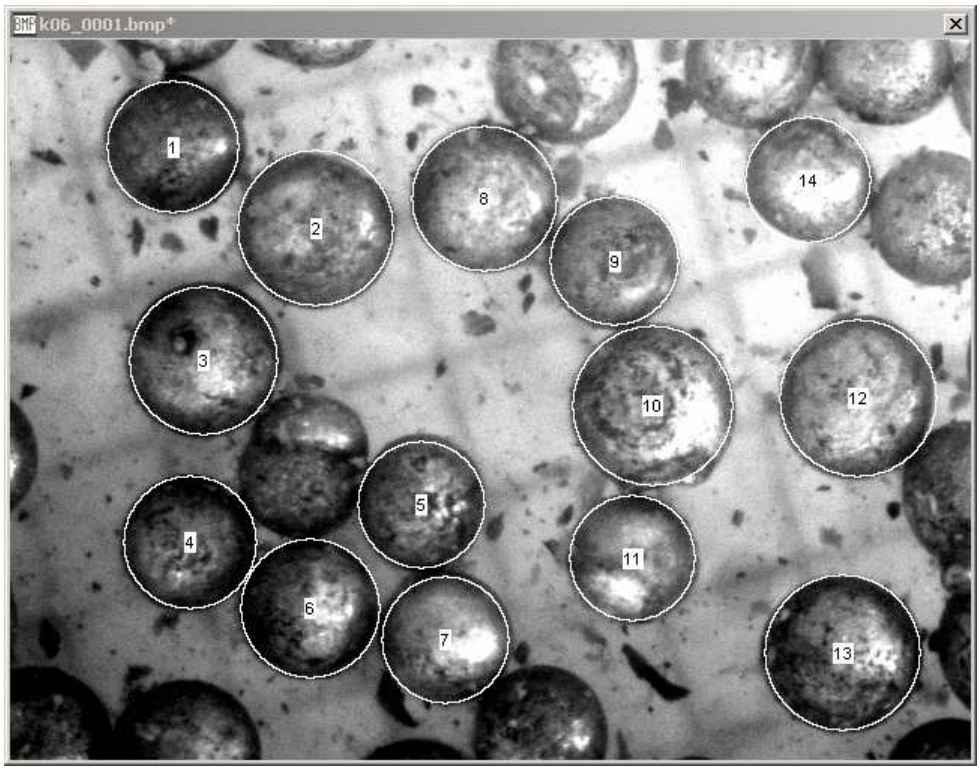


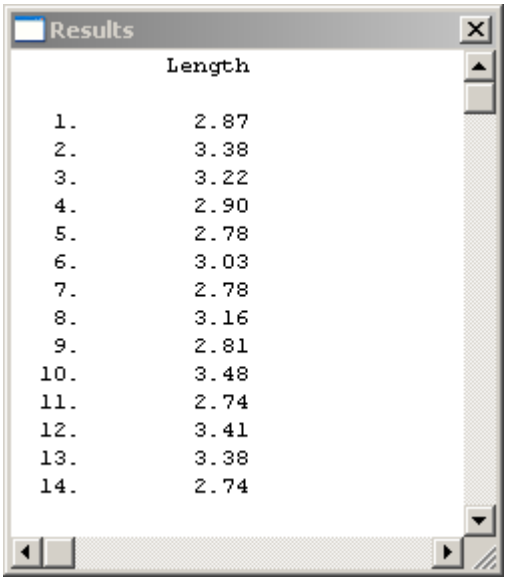

k05_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20



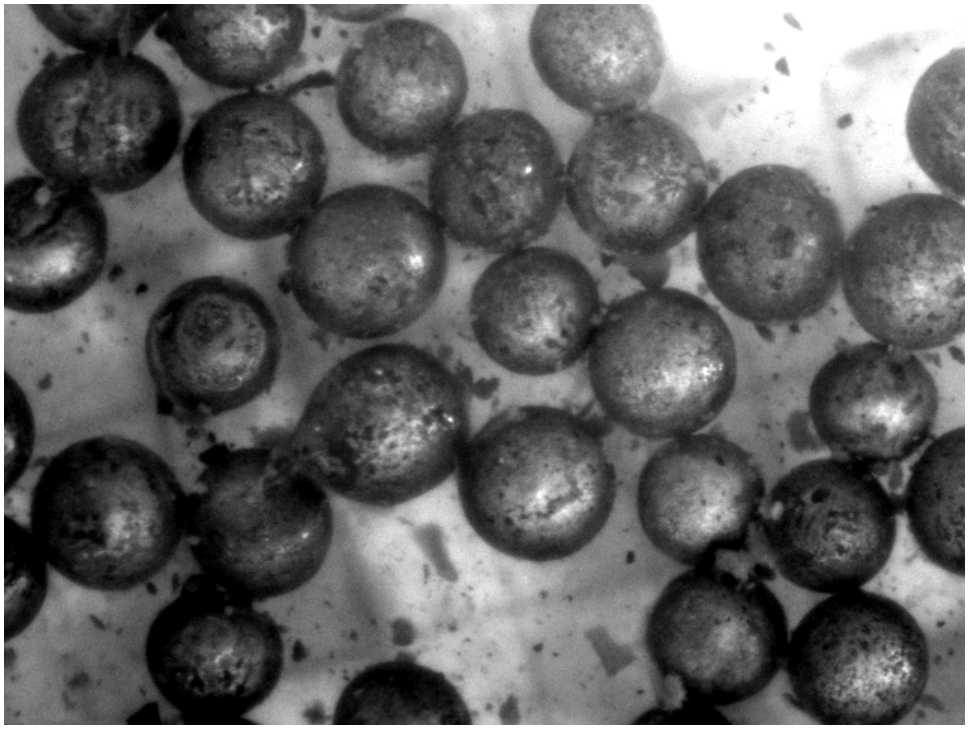
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,780	0,885	2,460
2	2,650	0,844	2,235
3	2,710	0,863	2,338
4	2,870	0,914	2,622
5	2,870	0,914	2,622
6	3,410	1,085	3,701
7	3,000	0,955	2,865
8	3,130	0,996	3,118
9	2,810	0,894	2,513
10	2,930	0,933	2,733
11	2,740	0,872	2,390
12	2,580	0,821	2,119
13	2,780	0,885	2,460
14	2,970	0,945	2,808
15	2,650	0,844	2,235
16	2,740	0,872	2,390
17	3,060	0,974	2,981
18	2,840	0,904	2,567
19	2,840	0,904	2,567
20	3,220	1,025	3,300

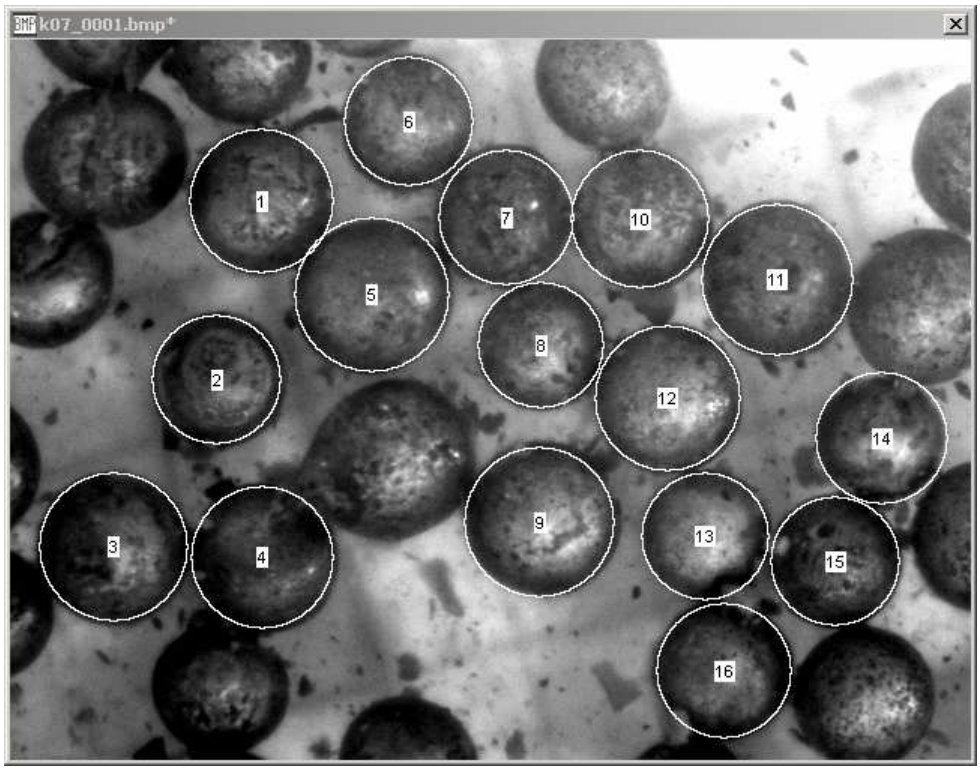


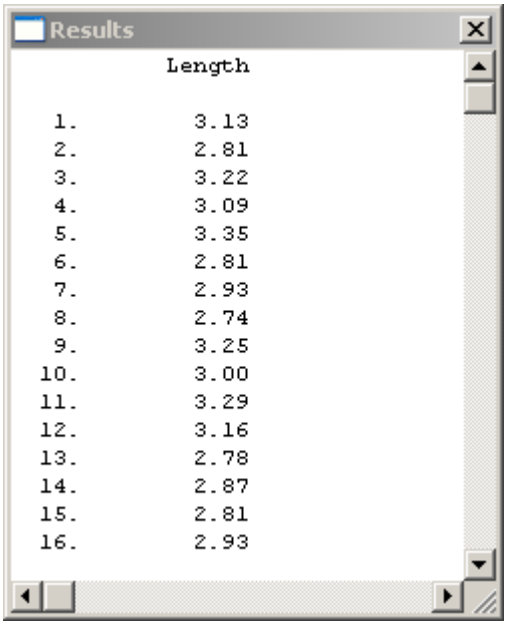

k06_0001.bmp*
1
2
8
9
14
3
10
12
5
4
11
6
7
13



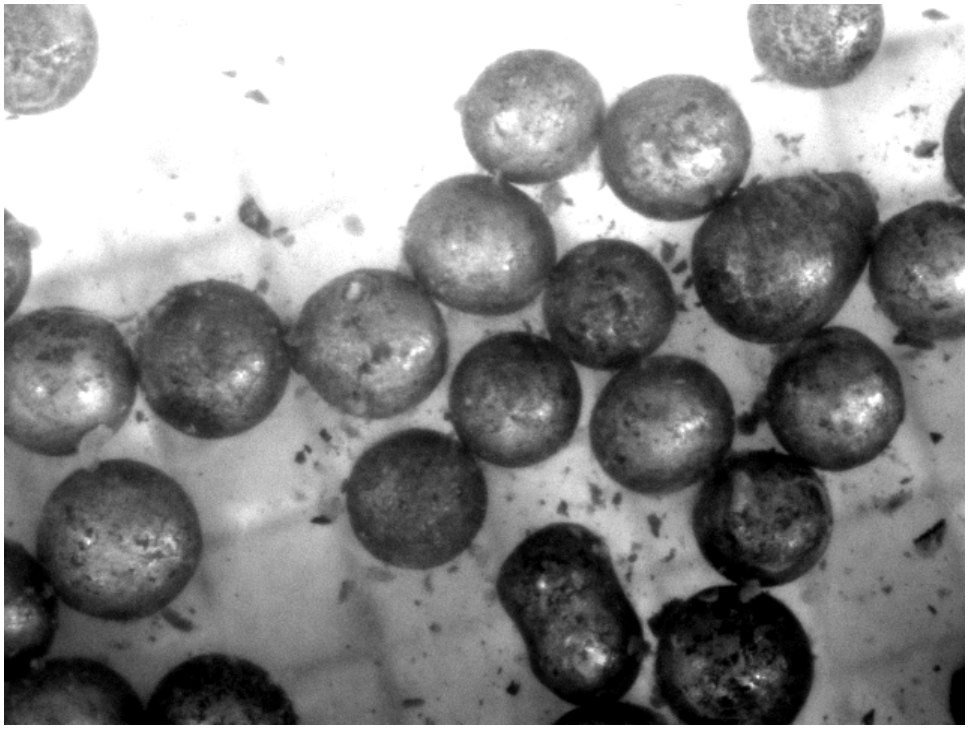
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,870	0,914	2,622
2	3,380	1,076	3,636
3	3,220	1,025	3,300
4	2,900	0,923	2,677
5	2,780	0,885	2,460
6	3,030	0,964	2,922
7	2,780	0,885	2,460
8	3,160	1,006	3,179
9	2,810	0,894	2,513
10	3,480	1,108	3,855
11	2,740	0,872	2,390
12	3,410	1,085	3,701
13	3,380	1,076	3,636
14	2,740	0,872	2,390



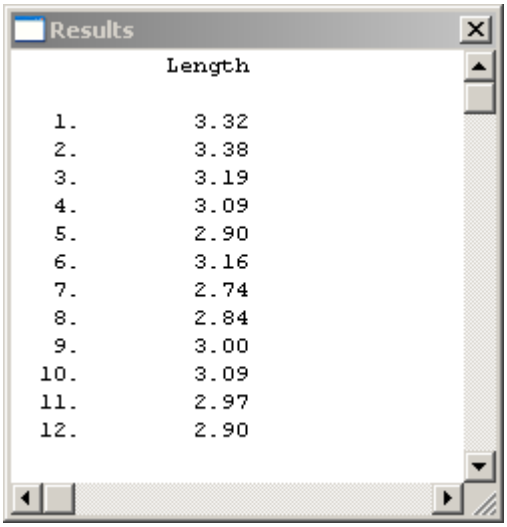

k07_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



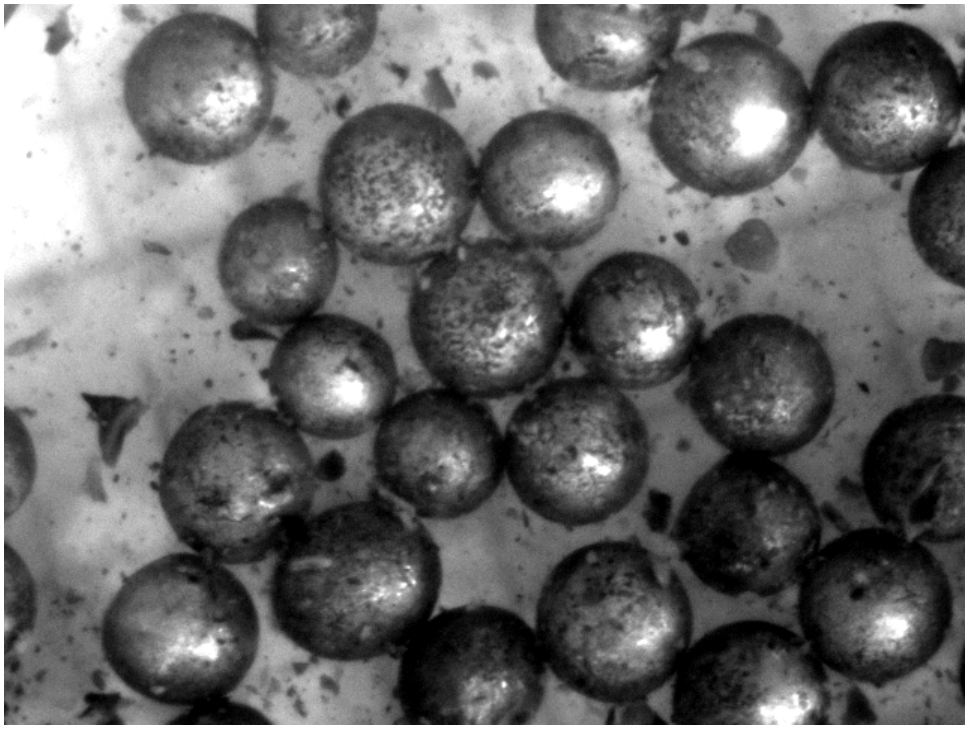
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,130	0,996	3,118
2	2,810	0,894	2,513
3	3,220	1,025	3,300
4	3,090	0,984	3,039
5	3,350	1,066	3,572
6	2,810	0,894	2,513
7	2,930	0,933	2,733
8	2,740	0,872	2,390
9	3,250	1,035	3,362
10	3,000	0,955	2,865
11	3,290	1,047	3,445
12	3,160	1,006	3,179
13	2,780	0,885	2,460
14	2,870	0,914	2,622
15	2,810	0,894	2,513
16	2,930	0,933	2,733



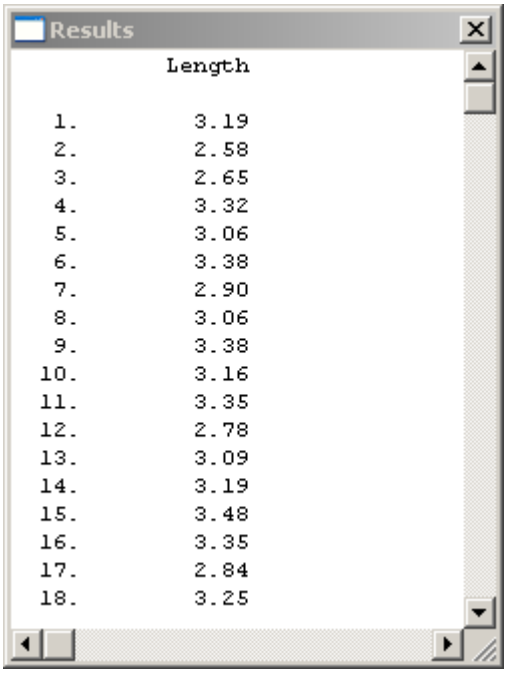

k08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12



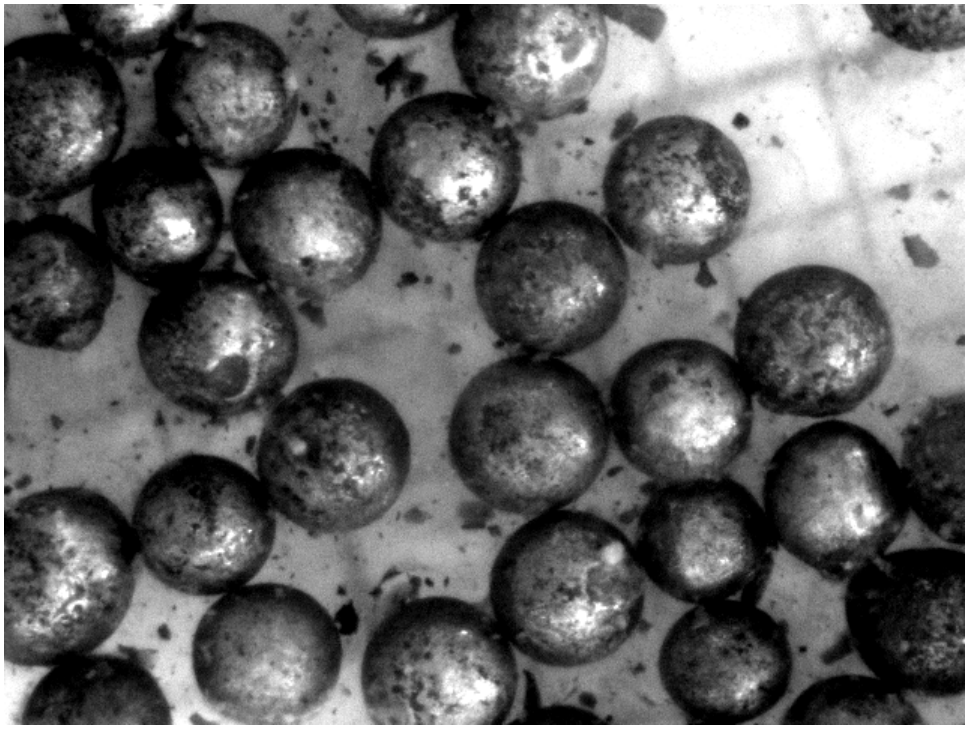
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,320	1,057	3,509
2	3,380	1,076	3,636
3	3,190	1,015	3,239
4	3,090	0,984	3,039
5	2,900	0,923	2,677
6	3,160	1,006	3,179
7	2,740	0,872	2,390
8	2,840	0,904	2,567
9	3,000	0,955	2,865
10	3,090	0,984	3,039
11	2,970	0,945	2,808
12	2,900	0,923	2,677



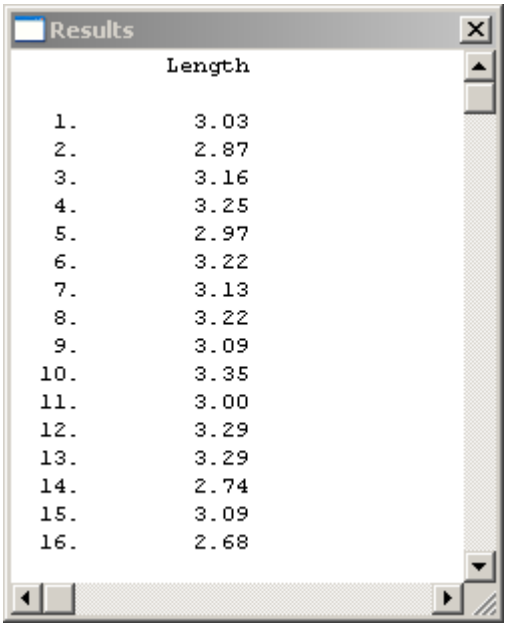

k09_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



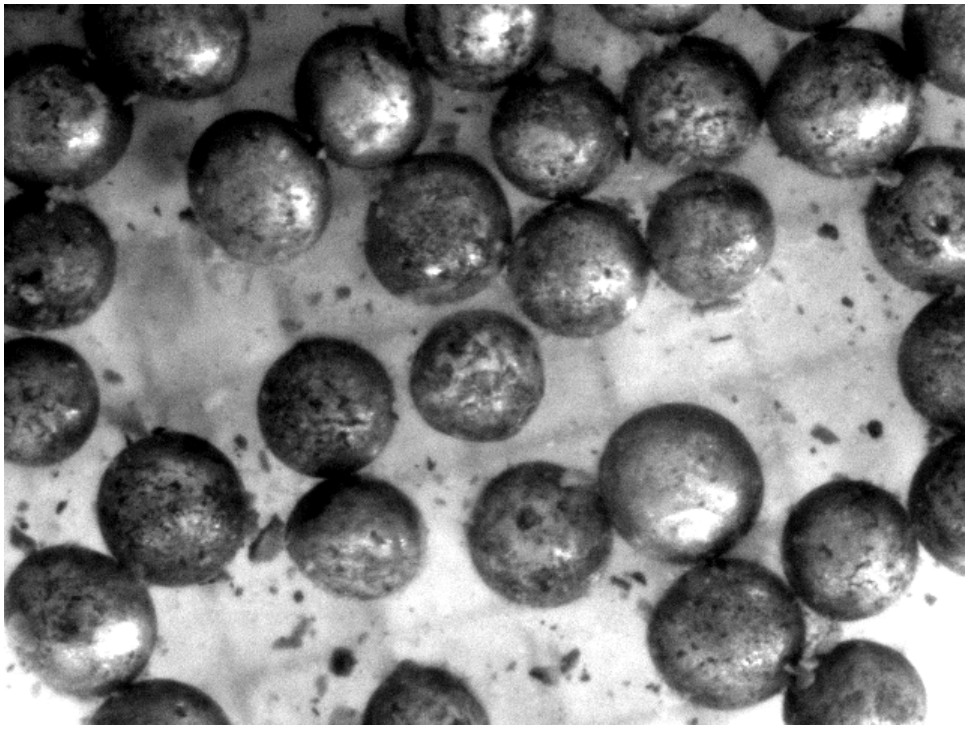
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,190	1,015	3,239
2	2,580	0,821	2,119
3	2,650	0,844	2,235
4	3,320	1,057	3,509
5	3,060	0,974	2,981
6	3,380	1,076	3,636
7	2,900	0,923	2,677
8	3,060	0,974	2,981
9	3,380	1,076	3,636
10	3,160	1,006	3,179
11	3,350	1,066	3,572
12	2,780	0,885	2,460
13	3,090	0,984	3,039
14	3,190	1,015	3,239
15	3,480	1,108	3,855
16	3,350	1,066	3,572
17	2,840	0,904	2,567
18	3,250	1,035	3,362



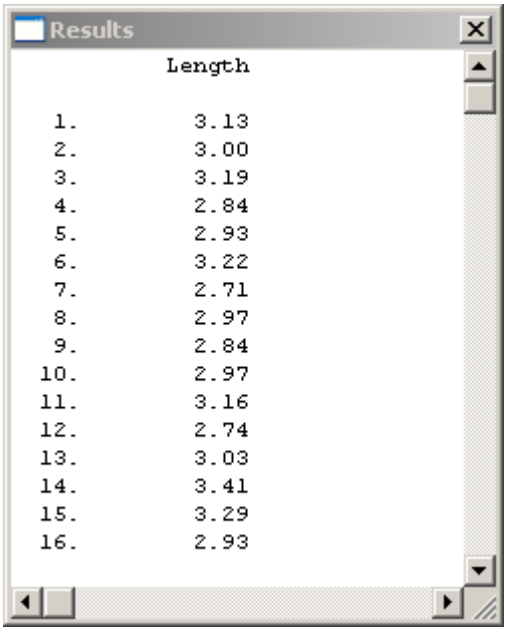

k10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



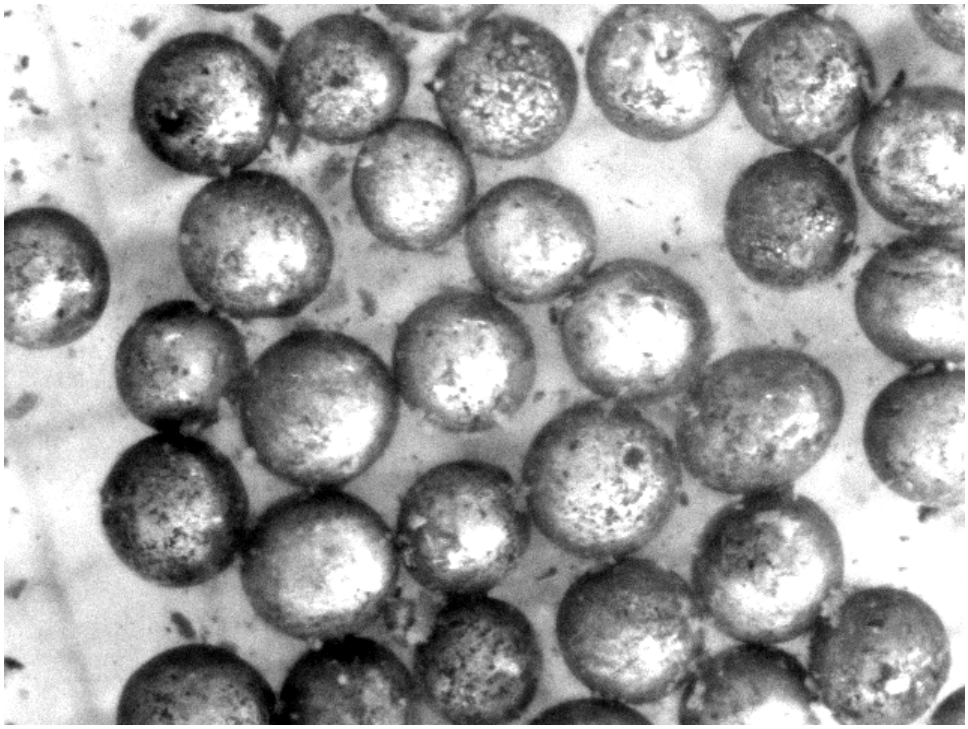
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,030	0,964	2,922
2	2,870	0,914	2,622
3	3,160	1,006	3,179
4	3,250	1,035	3,362
5	2,970	0,945	2,808
6	3,220	1,025	3,300
7	3,130	0,996	3,118
8	3,220	1,025	3,300
9	3,090	0,984	3,039
10	3,350	1,066	3,572
11	3,000	0,955	2,865
12	3,290	1,047	3,445
13	3,290	1,047	3,445
14	2,740	0,872	2,390
15	3,090	0,984	3,039
16	2,680	0,853	2,286

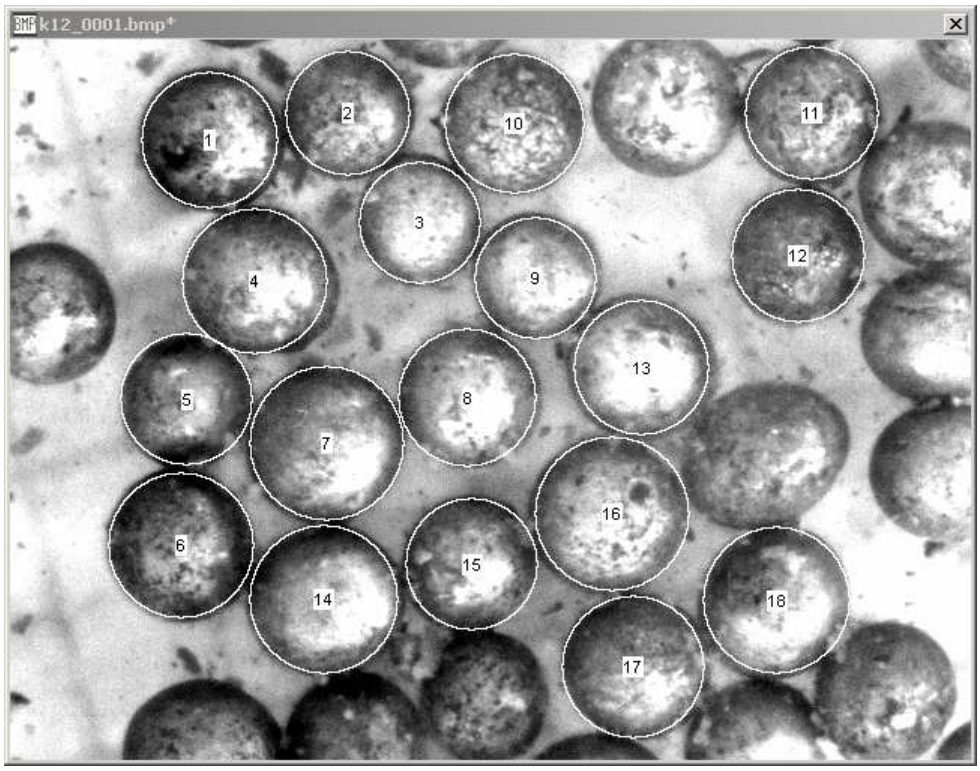


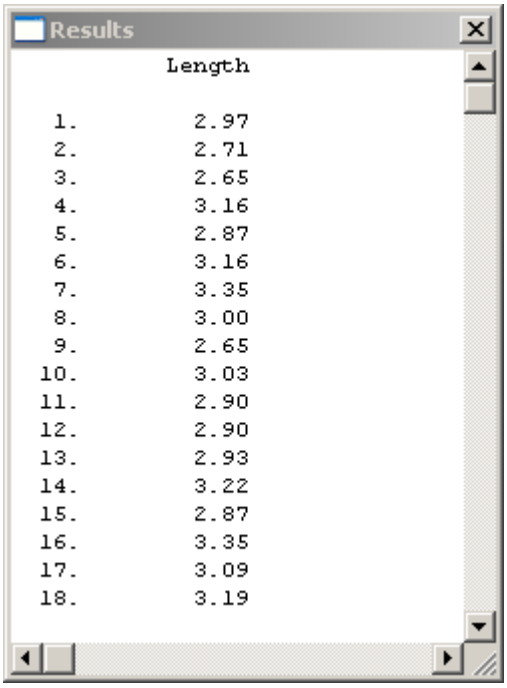

k11_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



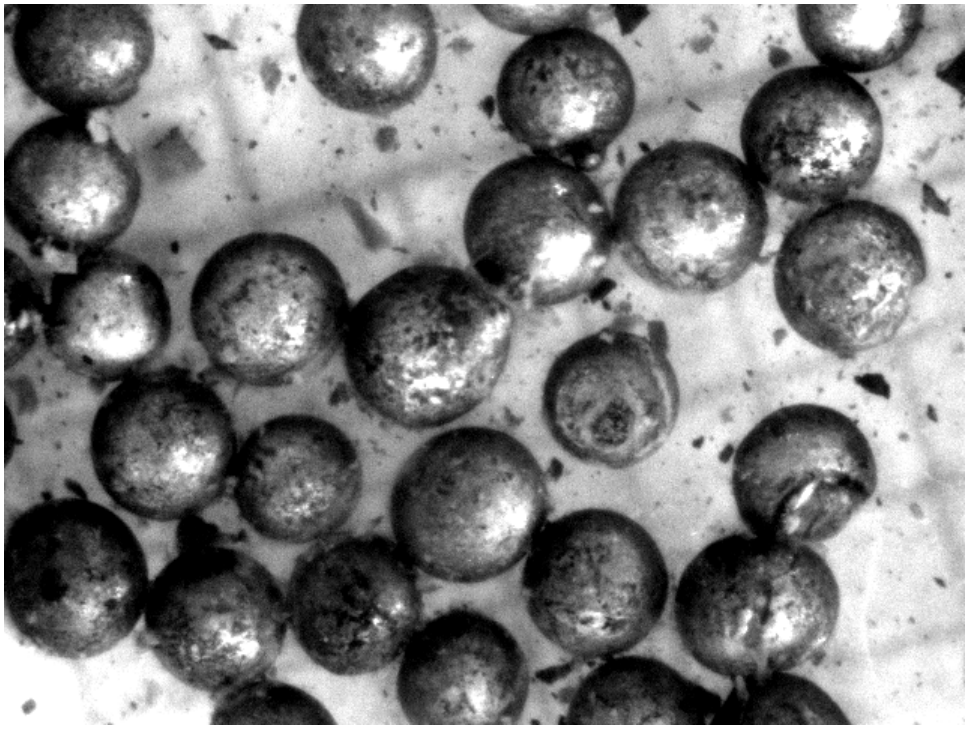
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,130	0,996	3,118
2	3,000	0,955	2,865
3	3,190	1,015	3,239
4	2,840	0,904	2,567
5	2,930	0,933	2,733
6	3,220	1,025	3,300
7	2,710	0,863	2,338
8	2,970	0,945	2,808
9	2,840	0,904	2,567
10	2,970	0,945	2,808
11	3,160	1,006	3,179
12	2,740	0,872	2,390
13	3,030	0,964	2,922
14	3,410	1,085	3,701
15	3,290	1,047	3,445
16	2,930	0,933	2,733



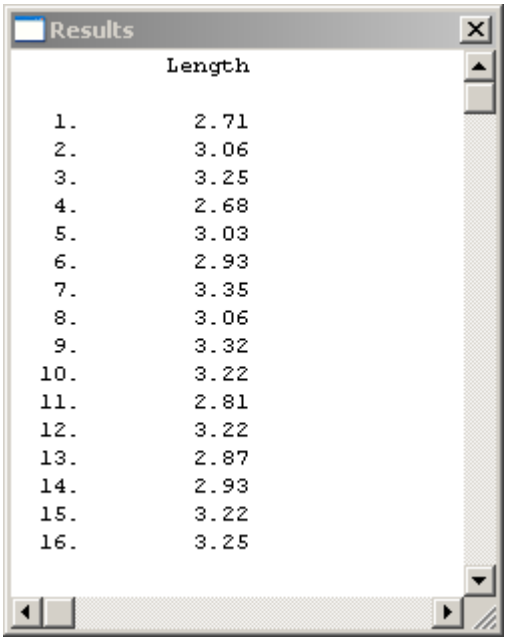

k12_0001.bmp*
1
2
10
11
3
12
4
9
13
5
8
7
16
6
15
18
14
17



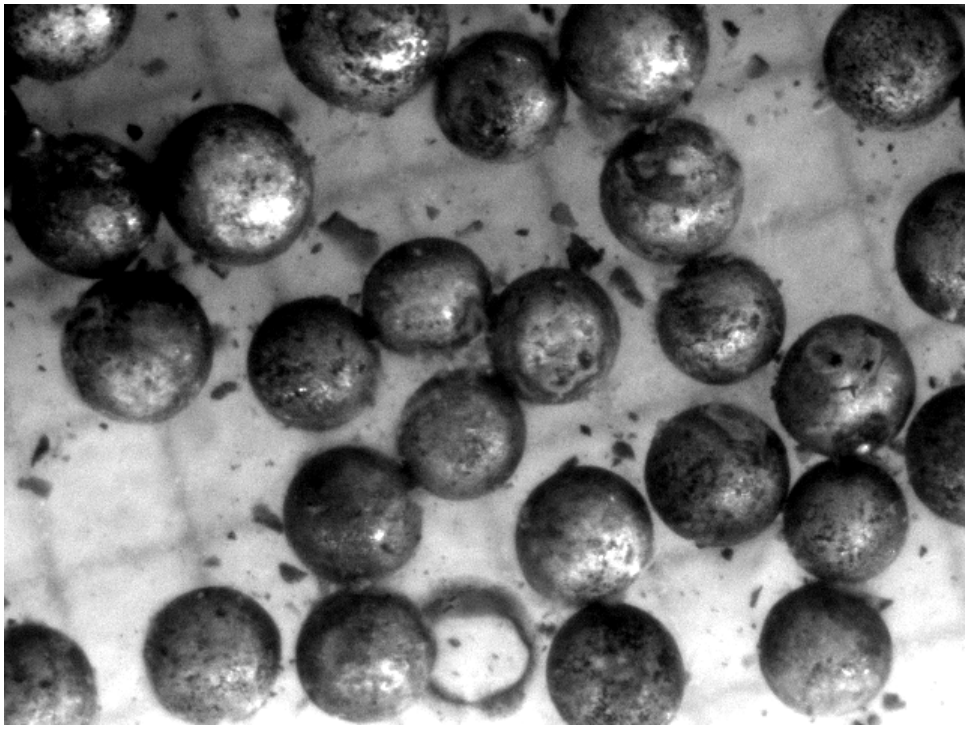
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,970	0,945	2,808
2	2,710	0,863	2,338
3	2,650	0,844	2,235
4	3,160	1,006	3,179
5	2,870	0,914	2,622
6	3,160	1,006	3,179
7	3,350	1,066	3,572
8	3,000	0,955	2,865
9	2,650	0,844	2,235
10	3,030	0,964	2,922
11	2,900	0,923	2,677
12	2,900	0,923	2,677
13	2,930	0,933	2,733
14	3,220	1,025	3,300
15	2,870	0,914	2,622
16	3,350	1,066	3,572
17	3,090	0,984	3,039
18	3,190	1,015	3,239



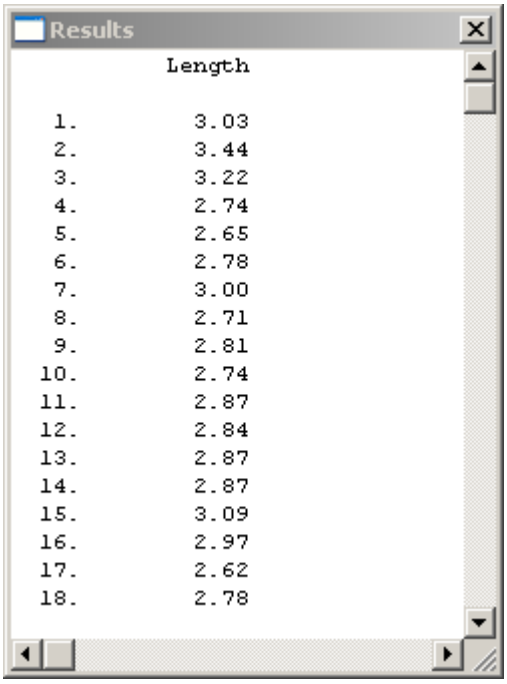

k13_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



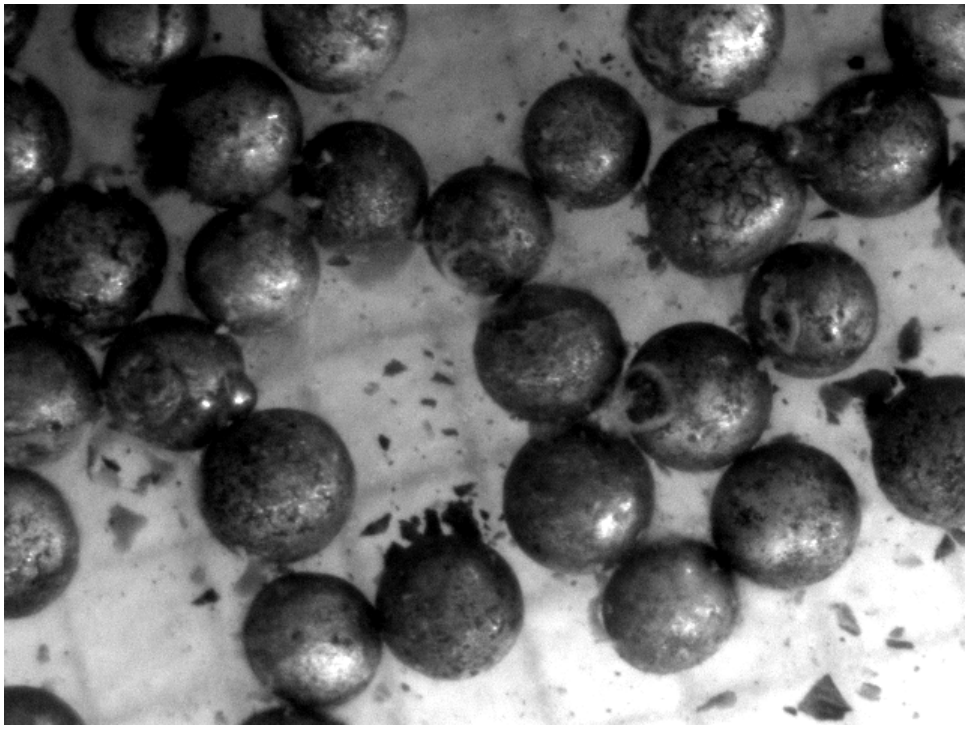
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,710	0,863	2,338
2	3,060	0,974	2,981
3	3,250	1,035	3,362
4	2,680	0,853	2,286
5	3,030	0,964	2,922
6	2,930	0,933	2,733
7	3,350	1,066	3,572
8	3,060	0,974	2,981
9	3,320	1,057	3,509
10	3,220	1,025	3,300
11	2,810	0,894	2,513
12	3,220	1,025	3,300
13	2,870	0,914	2,622
14	2,930	0,933	2,733
15	3,220	1,025	3,300
16	3,250	1,035	3,362



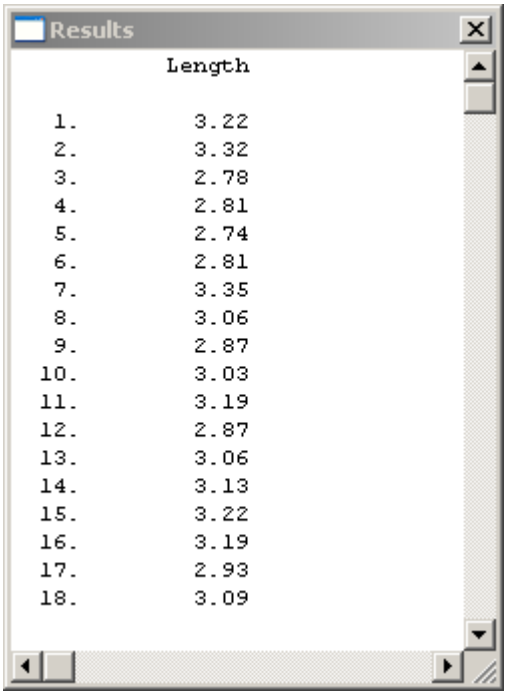

k14_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,030	0,964	2,922
2	3,440	1,095	3,767
3	3,220	1,025	3,300
4	2,740	0,872	2,390
5	2,650	0,844	2,235
6	2,780	0,885	2,460
7	3,000	0,955	2,865
8	2,710	0,863	2,338
9	2,810	0,894	2,513
10	2,740	0,872	2,390
11	2,870	0,914	2,622
12	2,840	0,904	2,567
13	2,870	0,914	2,622
14	2,870	0,914	2,622
15	3,090	0,984	3,039
16	2,970	0,945	2,808
17	2,620	0,834	2,185
18	2,780	0,885	2,460

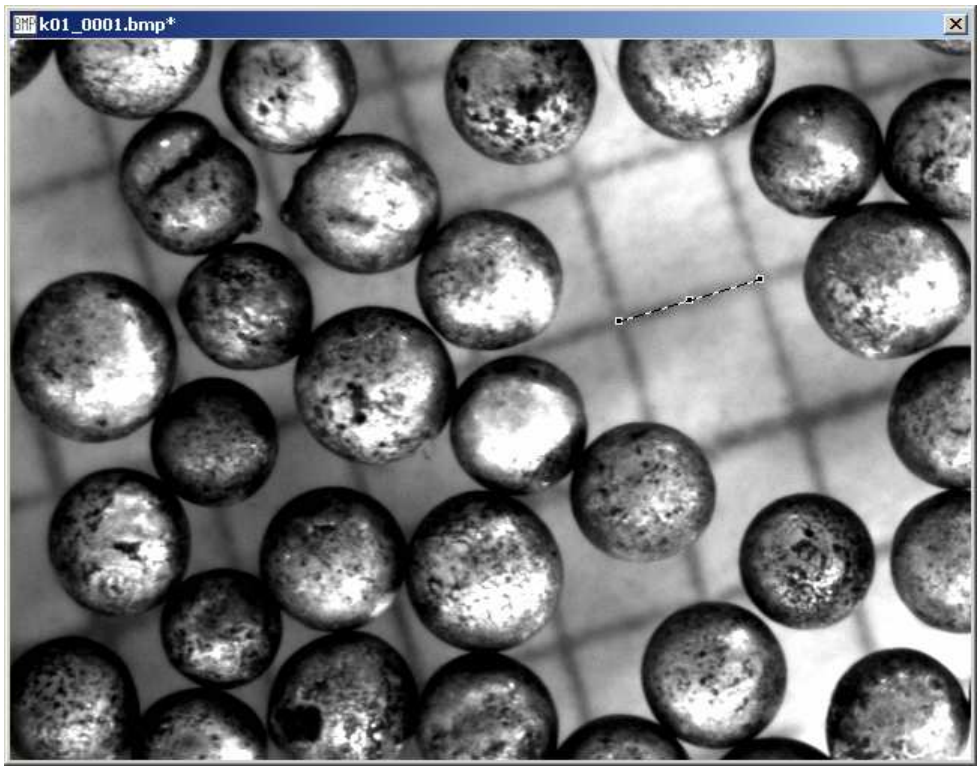


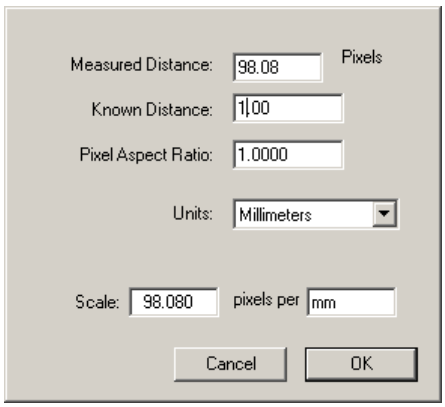

k15_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18

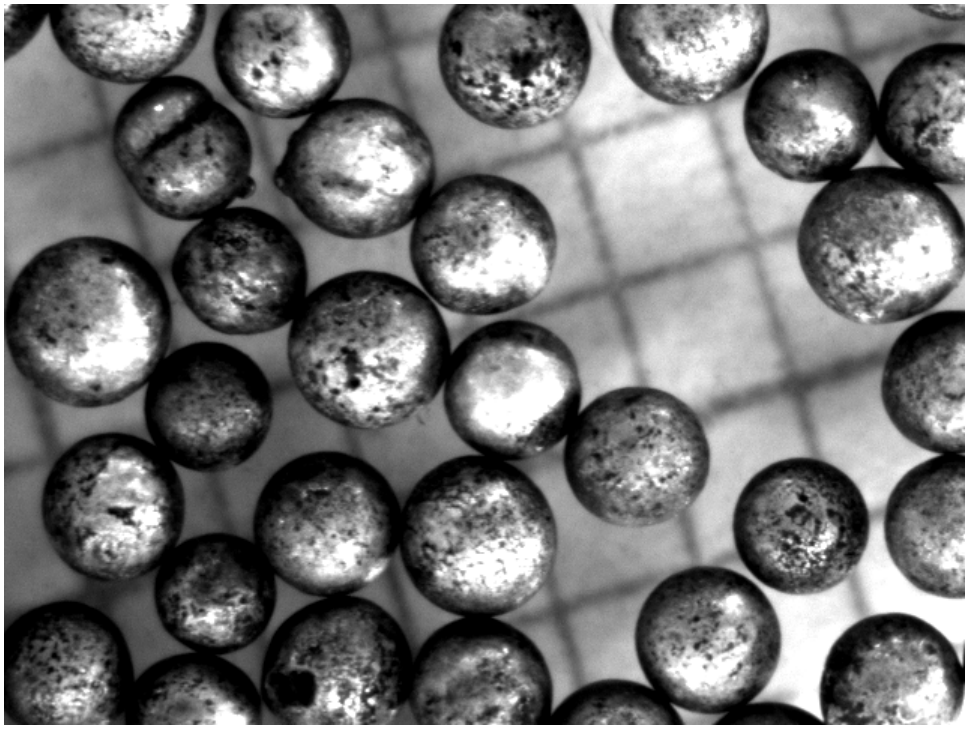


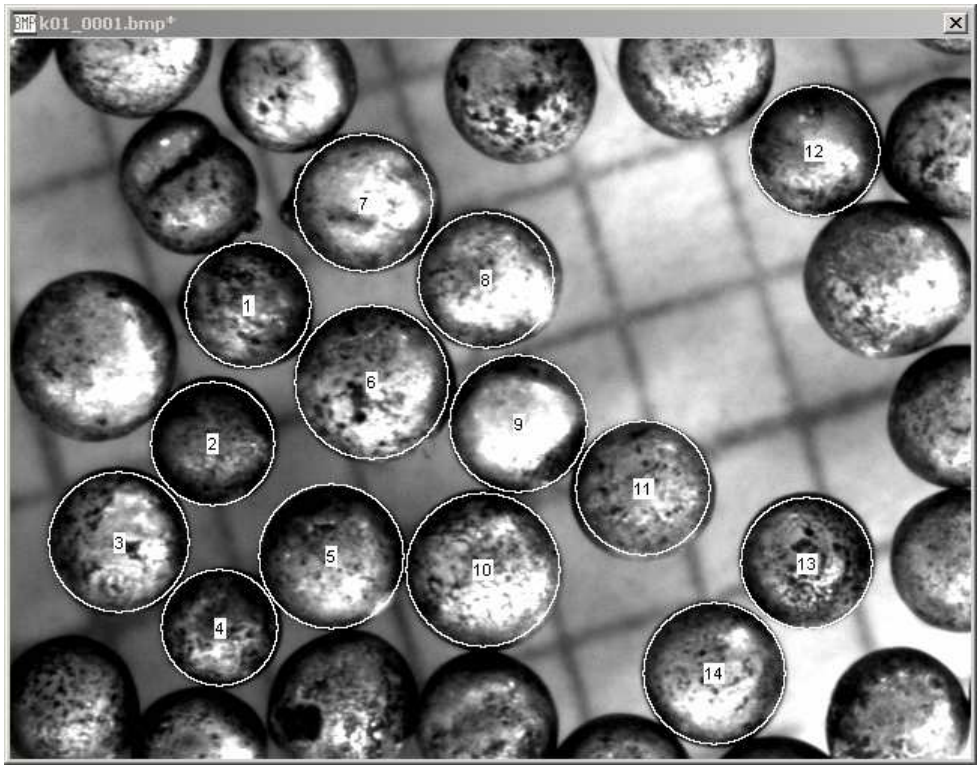
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,220	1,025	3,300
2	3,320	1,057	3,509
3	2,780	0,885	2,460
4	2,810	0,894	2,513
5	2,740	0,872	2,390
6	2,810	0,894	2,513
7	3,350	1,066	3,572
8	3,060	0,974	2,981
9	2,870	0,914	2,622
10	3,030	0,964	2,922
11	3,190	1,015	3,239
12	2,870	0,914	2,622
13	3,060	0,974	2,981
14	3,130	0,996	3,118
15	3,220	1,025	3,300
16	3,190	1,015	3,239
17	2,930	0,933	2,733
18	3,090	0,984	3,039

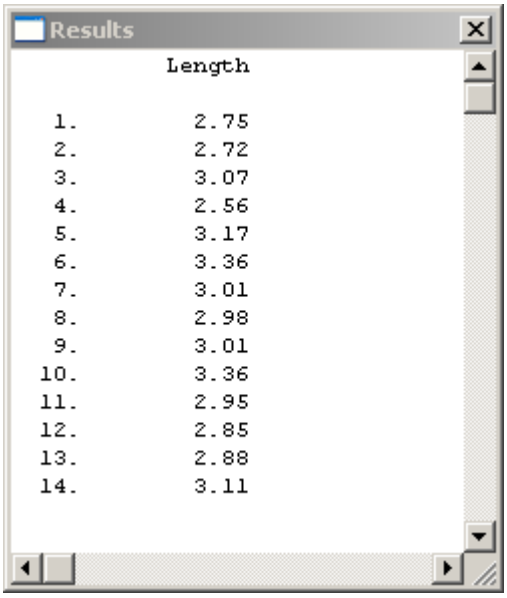
D.3.9 DIA 30 (21-MAIO-2009)



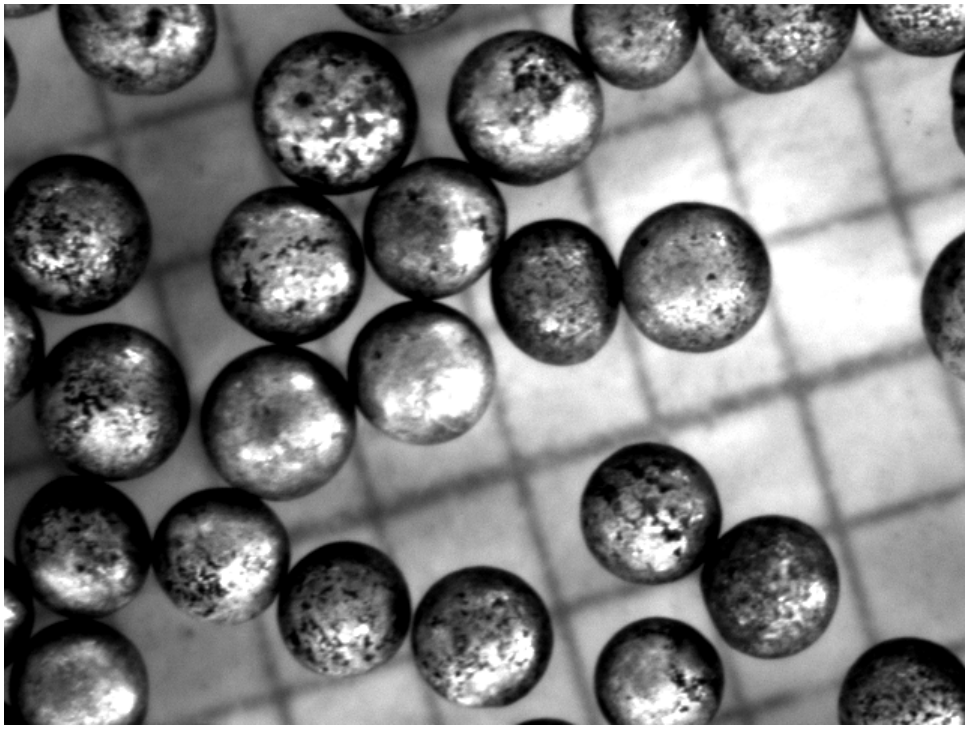


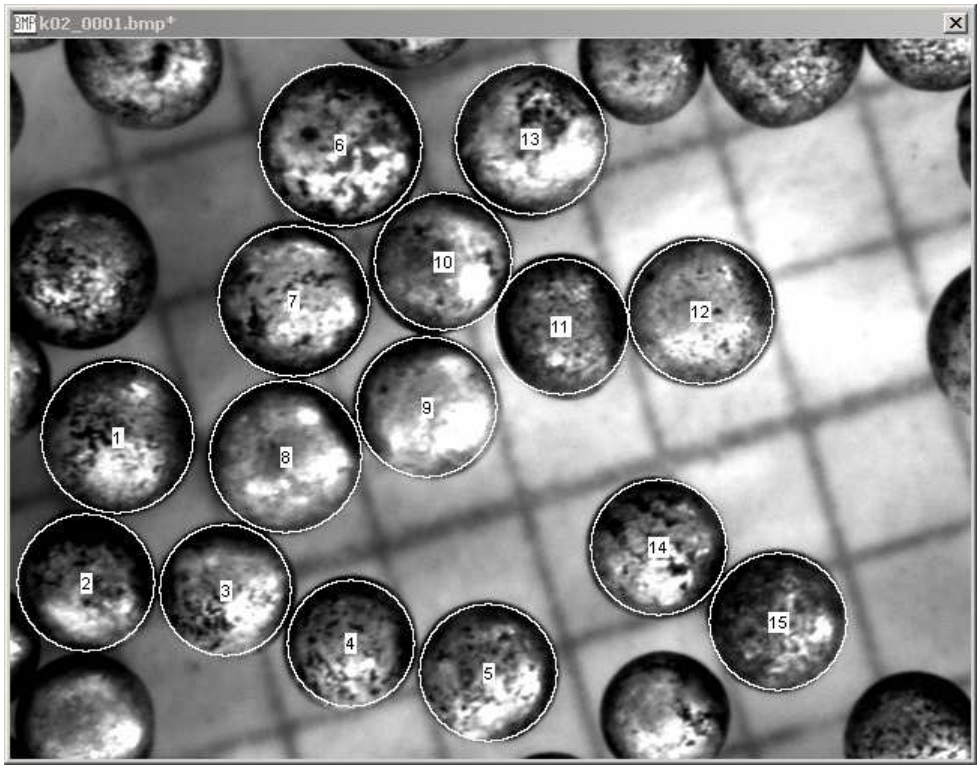


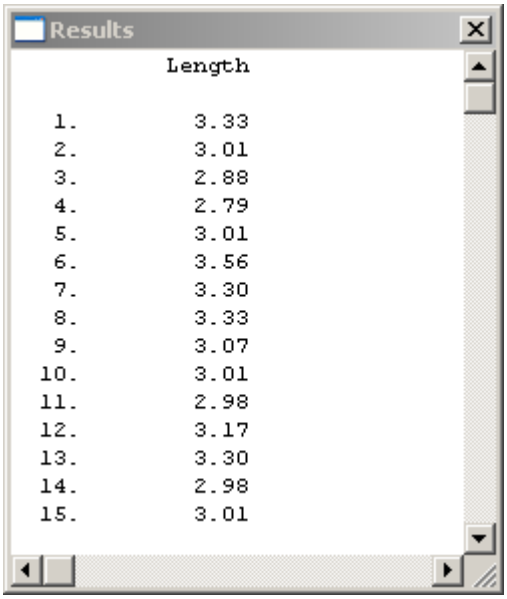

k01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



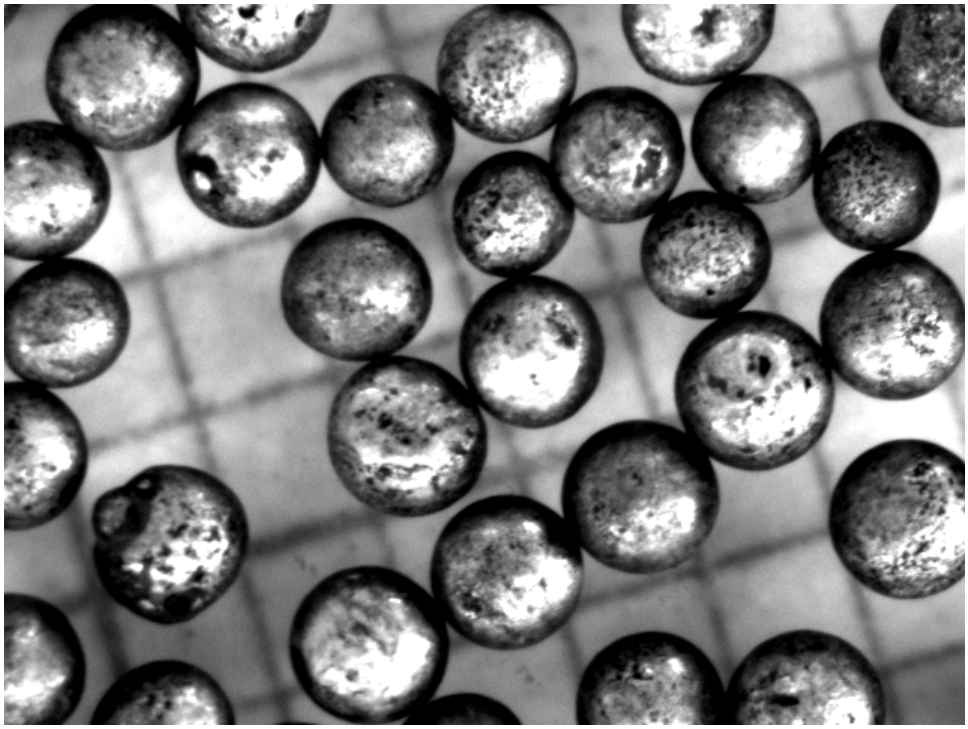
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,750	0,875	2,407
2	2,720	0,866	2,355
3	3,070	0,977	3,000
4	2,560	0,815	2,086
5	3,170	1,009	3,199
6	3,360	1,070	3,594
7	3,010	0,958	2,884
8	2,980	0,949	2,827
9	3,010	0,958	2,884
10	3,360	1,070	3,594
11	2,950	0,939	2,770
12	2,850	0,907	2,585
13	2,880	0,917	2,640
14	3,110	0,990	3,079

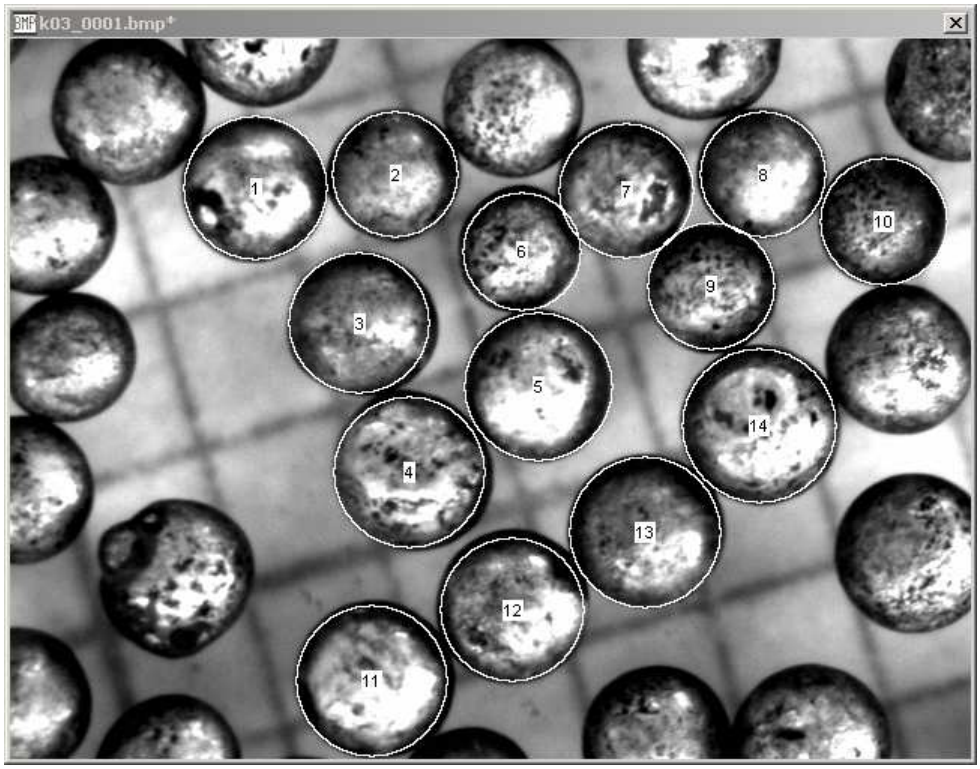


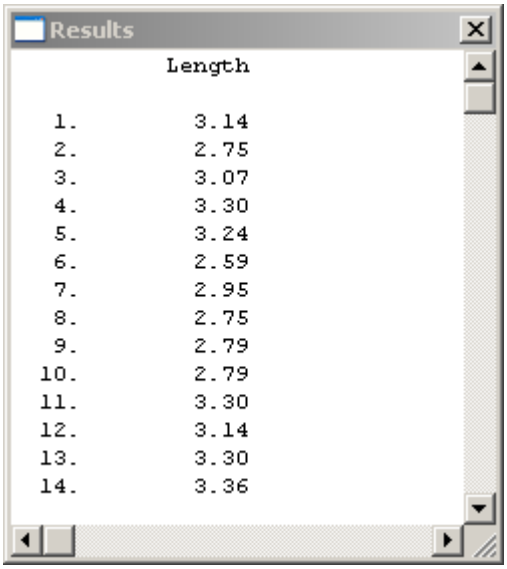

k02_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



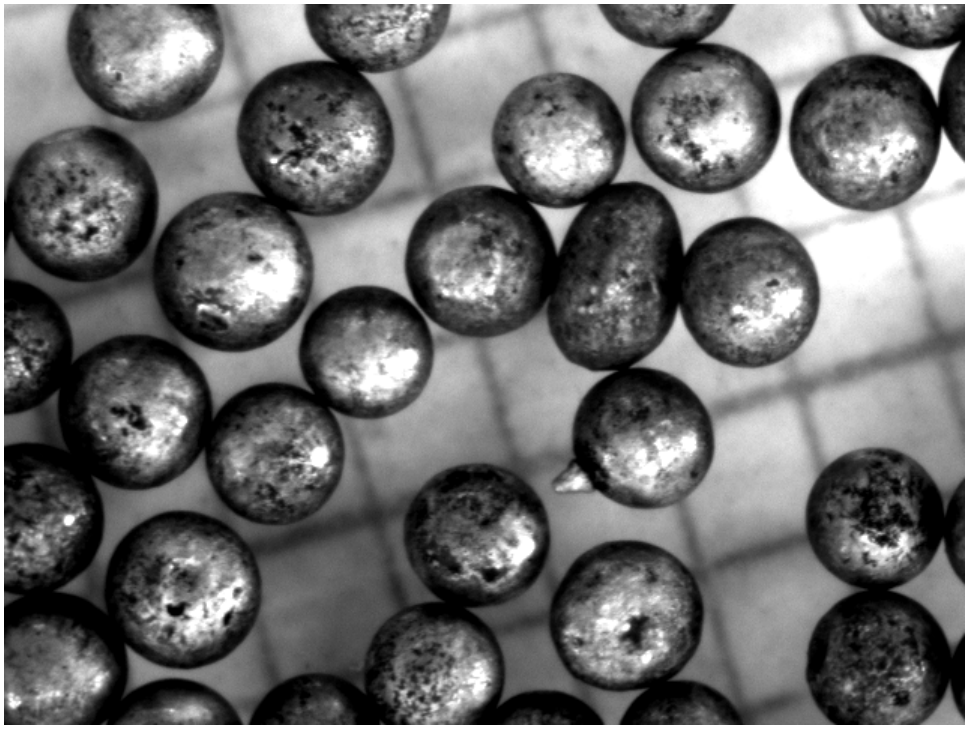
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,330	1,060	3,530
2	3,010	0,958	2,884
3	2,880	0,917	2,640
4	2,790	0,888	2,478
5	3,010	0,958	2,884
6	3,560	1,133	4,034
7	3,300	1,050	3,466
8	3,330	1,060	3,530
9	3,070	0,977	3,000
10	3,010	0,958	2,884
11	2,980	0,949	2,827
12	3,170	1,009	3,199
13	3,300	1,050	3,466
14	2,980	0,949	2,827
15	3,010	0,958	2,884



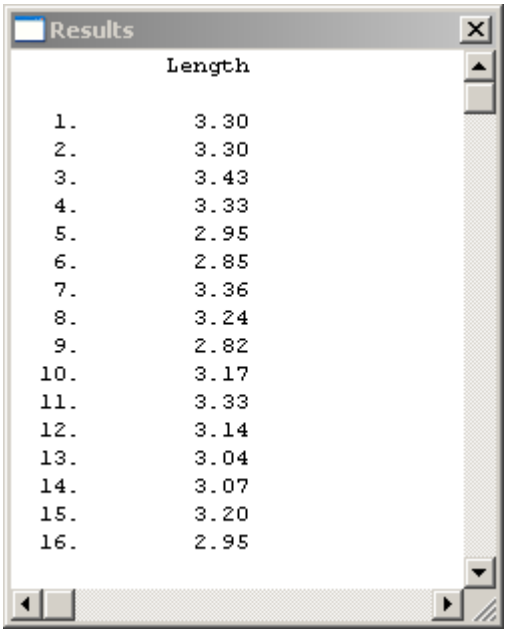

k03_0001.bmp*
1
2
7
8
10
6
9
3
5
14
4
13
12
11



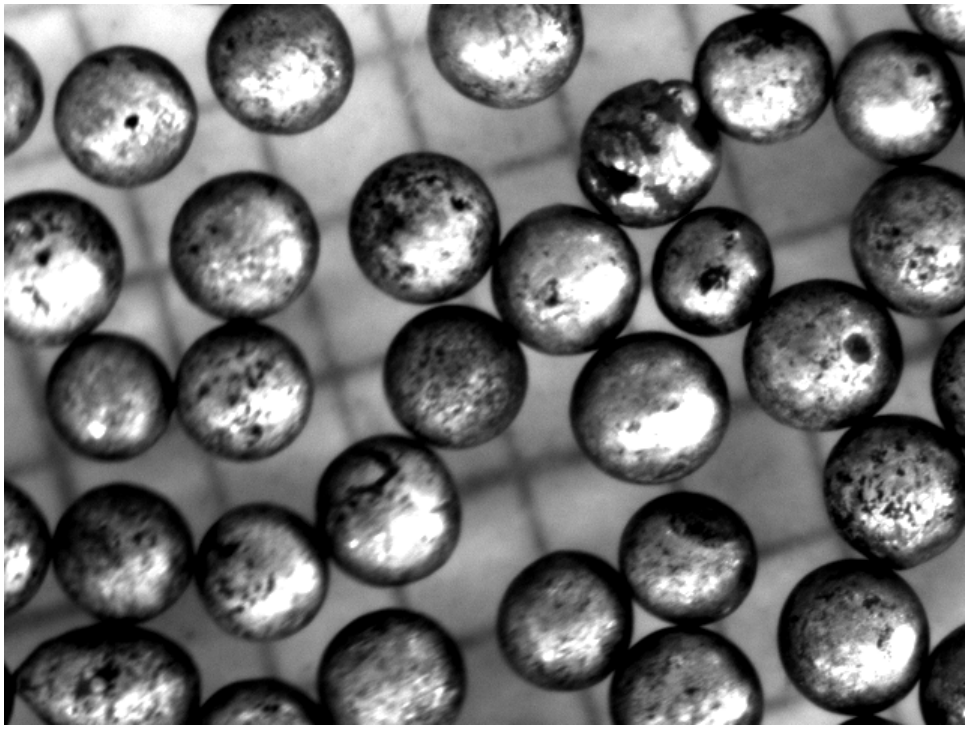
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,140	0,999	3,138
2	2,750	0,875	2,407
3	3,070	0,977	3,000
4	3,300	1,050	3,466
5	3,240	1,031	3,341
6	2,590	0,824	2,135
7	2,950	0,939	2,770
8	2,750	0,875	2,407
9	2,790	0,888	2,478
10	2,790	0,888	2,478
11	3,300	1,050	3,466
12	3,140	0,999	3,138
13	3,300	1,050	3,466
14	3,360	1,070	3,594



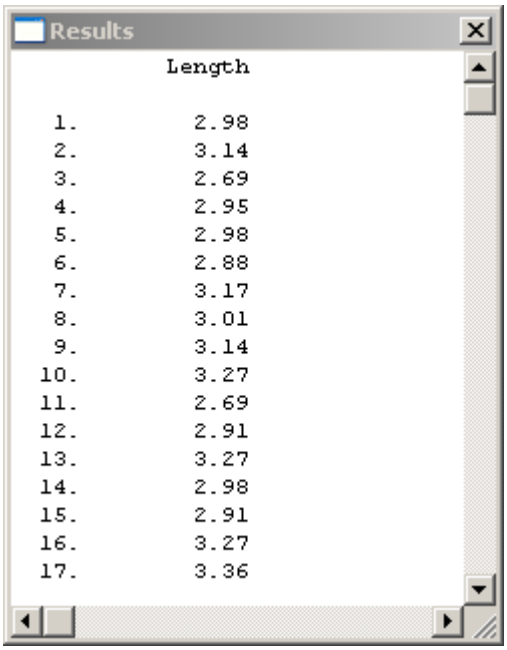

k04_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



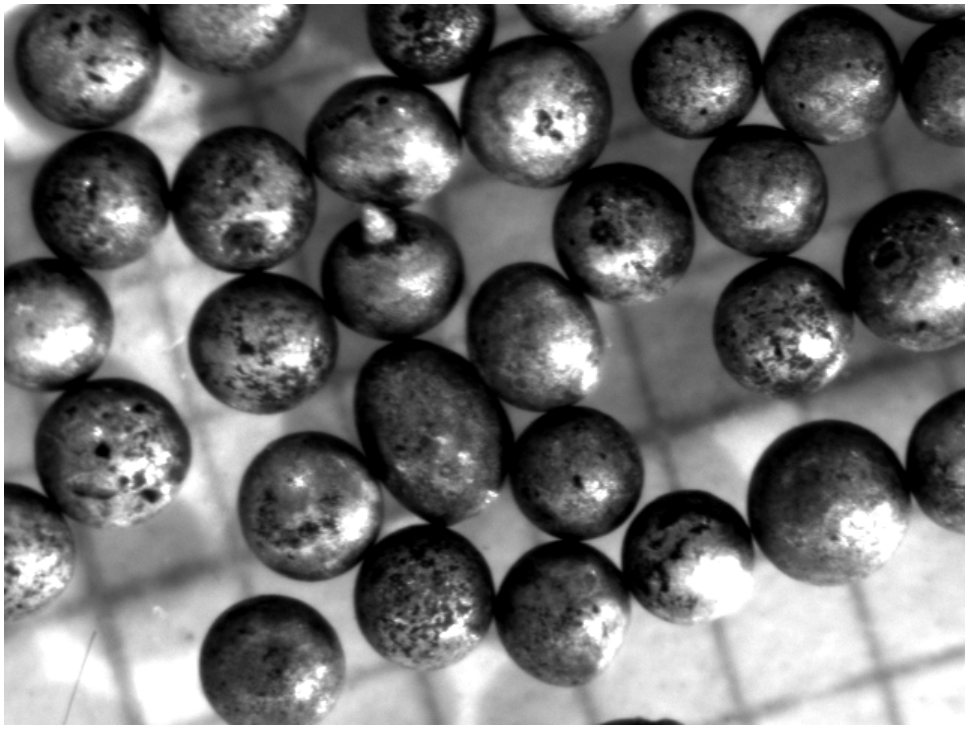
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,300	1,050	3,466
2	3,300	1,050	3,466
3	3,430	1,092	3,745
4	3,330	1,060	3,530
5	2,950	0,939	2,770
6	2,850	0,907	2,585
7	3,360	1,070	3,594
8	3,240	1,031	3,341
9	2,820	0,898	2,531
10	3,170	1,009	3,199
11	3,330	1,060	3,530
12	3,140	0,999	3,138
13	3,040	0,968	2,942
14	3,070	0,977	3,000
15	3,200	1,019	3,259
16	2,950	0,939	2,770



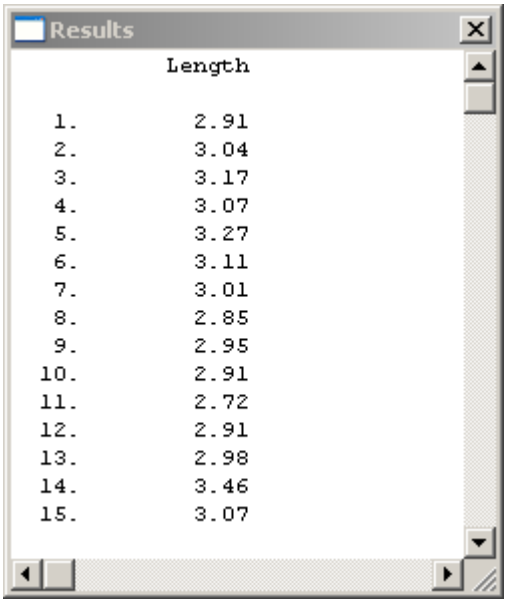

k05_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



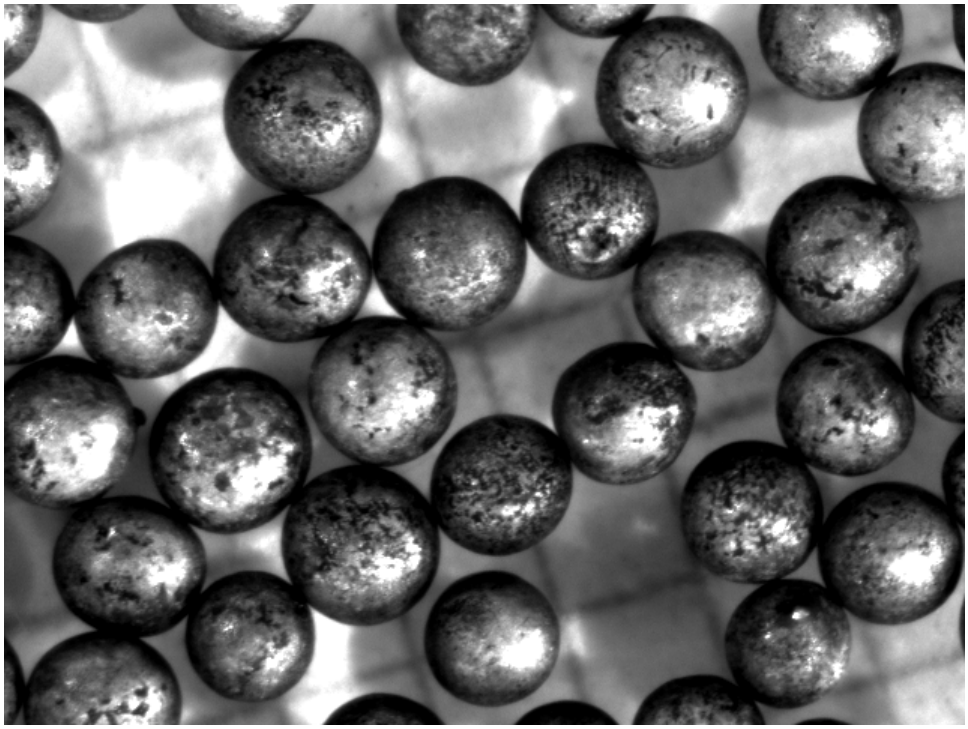
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,980	0,949	2,827
2	3,140	0,999	3,138
3	2,690	0,856	2,303
4	2,950	0,939	2,770
5	2,980	0,949	2,827
6	2,880	0,917	2,640
7	3,170	1,009	3,199
8	3,010	0,958	2,884
9	3,140	0,999	3,138
10	3,270	1,041	3,404
11	2,690	0,856	2,303
12	2,910	0,926	2,695
13	3,270	1,041	3,404
14	2,980	0,949	2,827
15	2,910	0,926	2,695
16	3,270	1,041	3,404
17	3,360	1,070	3,594

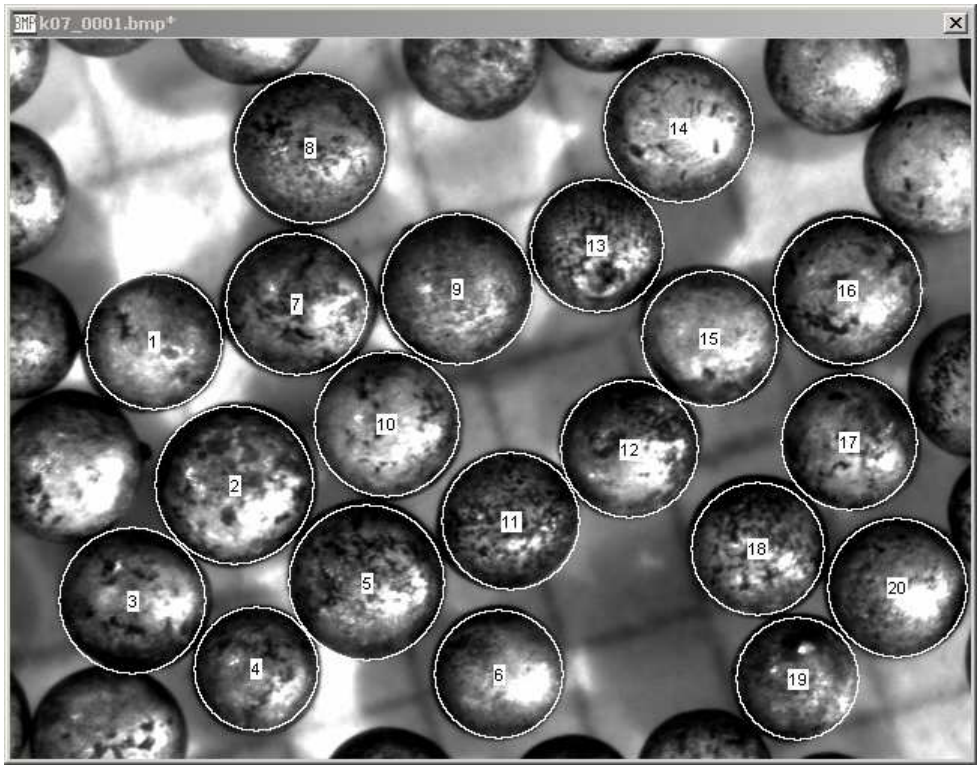


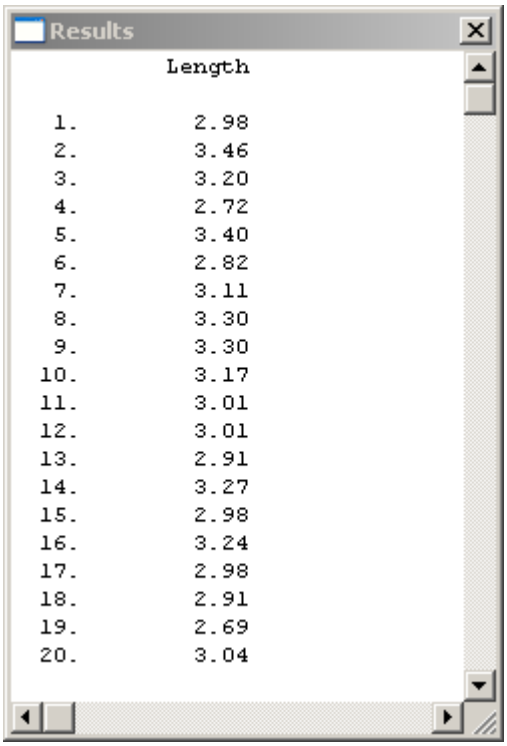

k06_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



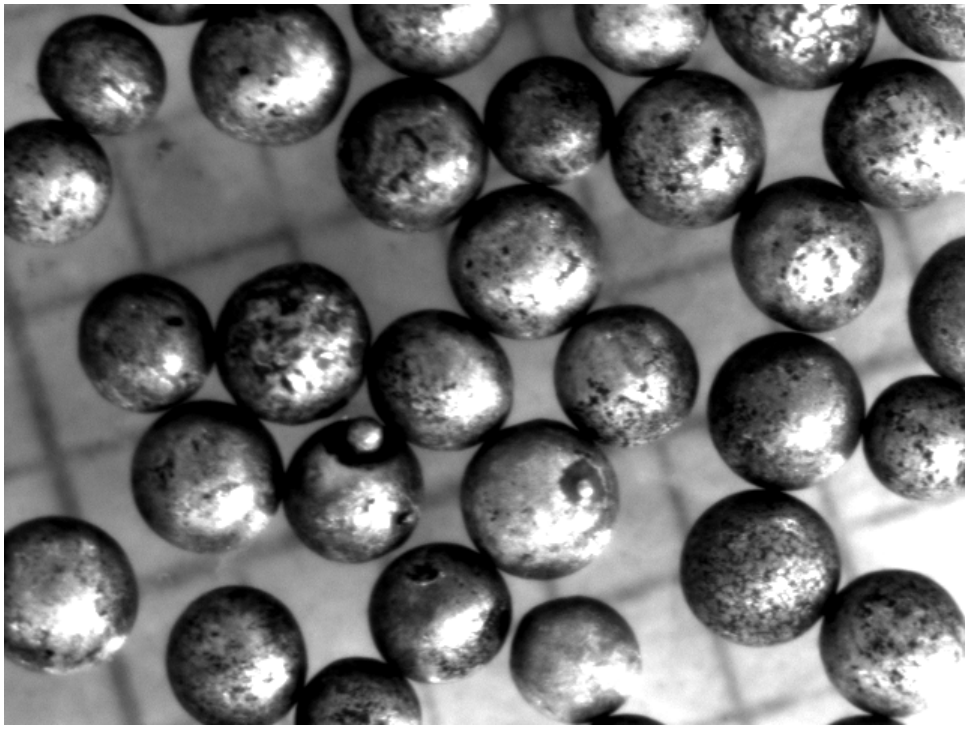
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,910	0,926	2,695
2	3,040	0,968	2,942
3	3,170	1,009	3,199
4	3,070	0,977	3,000
5	3,270	1,041	3,404
6	3,110	0,990	3,079
7	3,010	0,958	2,884
8	2,850	0,907	2,585
9	2,950	0,939	2,770
10	2,910	0,926	2,695
11	2,720	0,866	2,355
12	2,910	0,926	2,695
13	2,980	0,949	2,827
14	3,460	1,101	3,811
15	3,070	0,977	3,000



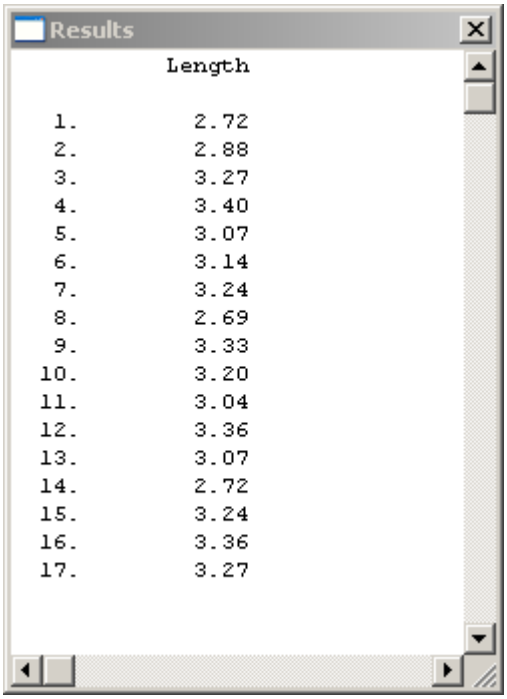

k07_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20



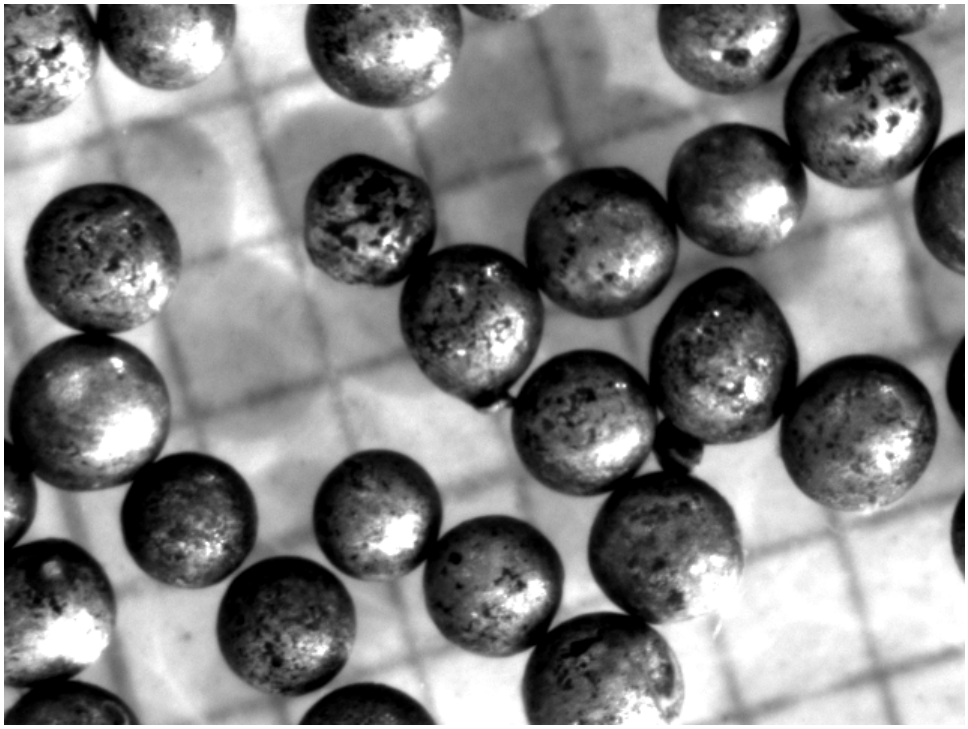
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,980	0,949	2,827
2	3,460	1,101	3,811
3	3,200	1,019	3,259
4	2,720	0,866	2,355
5	3,400	1,082	3,680
6	2,820	0,898	2,531
7	3,110	0,990	3,079
8	3,300	1,050	3,466
9	3,300	1,050	3,466
10	3,170	1,009	3,199
11	3,010	0,958	2,884
12	3,010	0,958	2,884
13	2,910	0,926	2,695
14	3,270	1,041	3,404
15	2,980	0,949	2,827
16	3,240	1,031	3,341
17	2,980	0,949	2,827
18	2,910	0,926	2,695
19	2,690	0,856	2,303
20	3,040	0,968	2,942



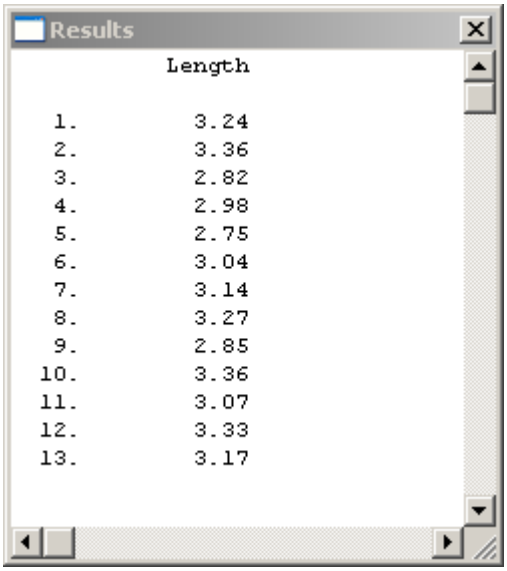

k08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



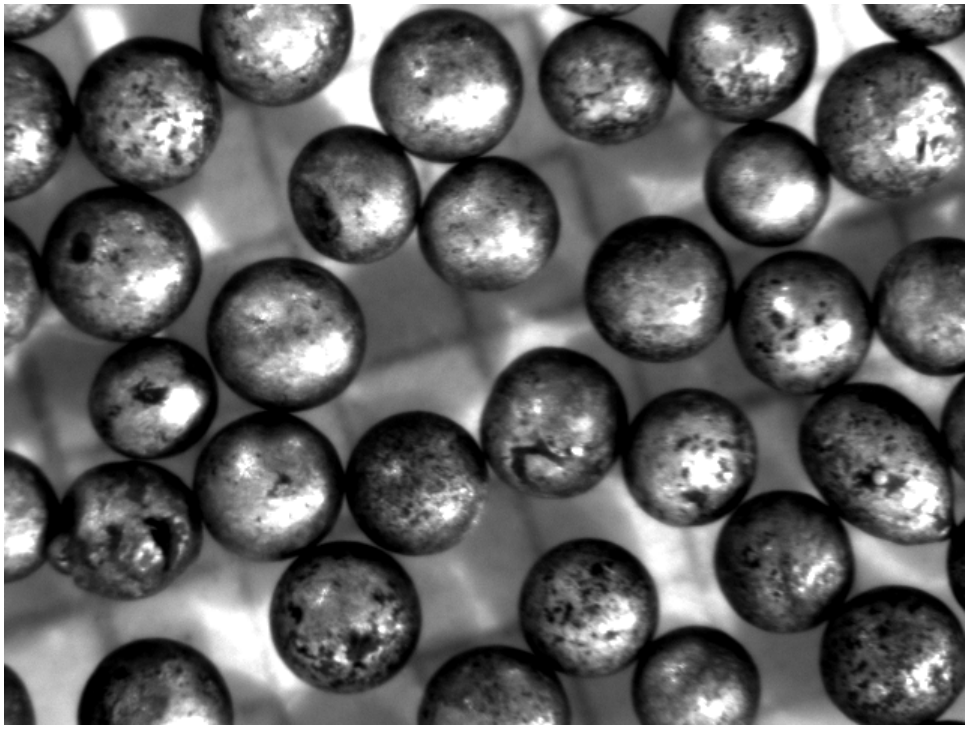
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,720	0,866	2,355
2	2,880	0,917	2,640
3	3,270	1,041	3,404
4	3,400	1,082	3,680
5	3,070	0,977	3,000
6	3,140	0,999	3,138
7	3,240	1,031	3,341
8	2,690	0,856	2,303
9	3,330	1,060	3,530
10	3,200	1,019	3,259
11	3,040	0,968	2,942
12	3,360	1,070	3,594
13	3,070	0,977	3,000
14	2,720	0,866	2,355
15	3,240	1,031	3,341
16	3,360	1,070	3,594
17	3,270	1,041	3,404

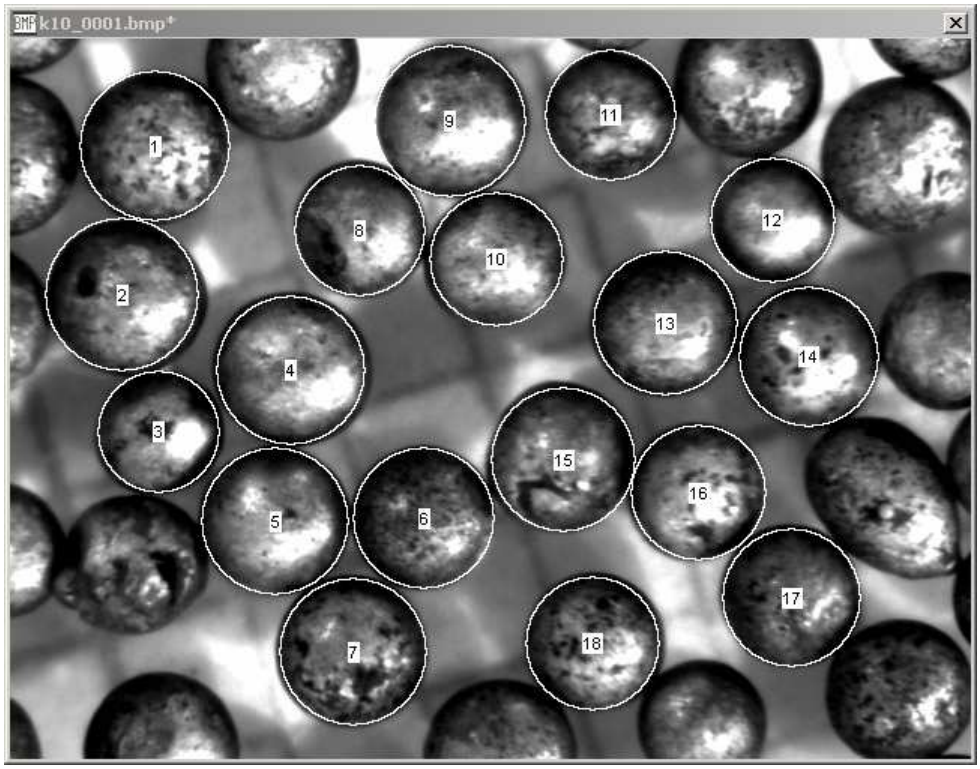


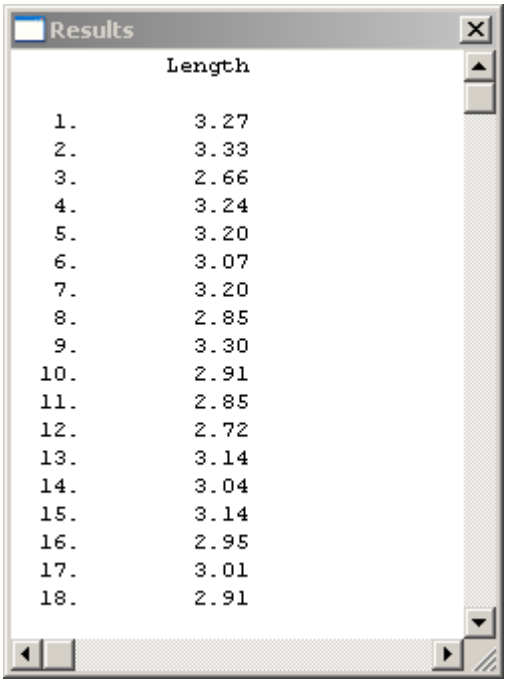

k09_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



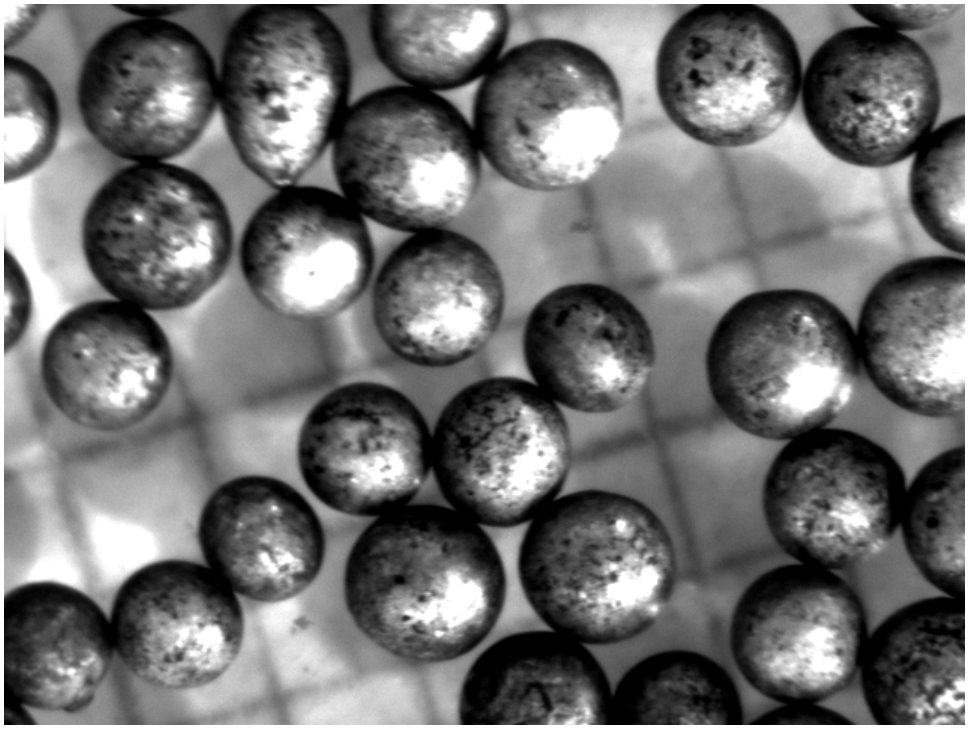
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,240	1,031	3,341
2	3,360	1,070	3,594
3	2,820	0,898	2,531
4	2,980	0,949	2,827
5	2,750	0,875	2,407
6	3,040	0,968	2,942
7	3,140	0,999	3,138
8	3,270	1,041	3,404
9	2,850	0,907	2,585
10	3,360	1,070	3,594
11	3,070	0,977	3,000
12	3,330	1,060	3,530
13	3,170	1,009	3,199

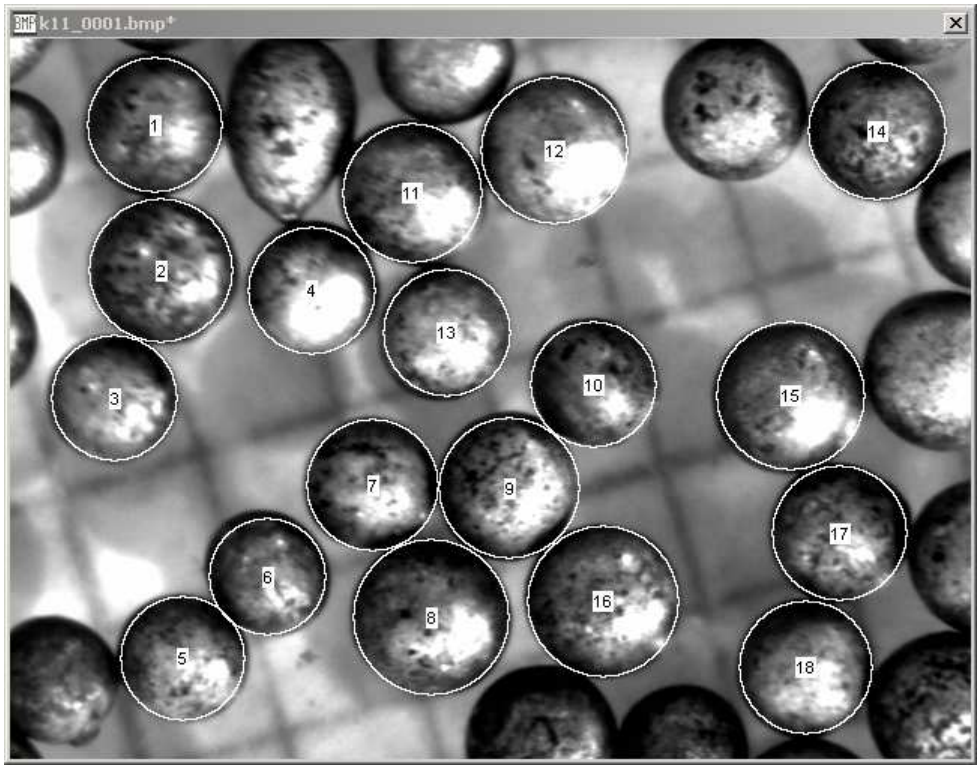


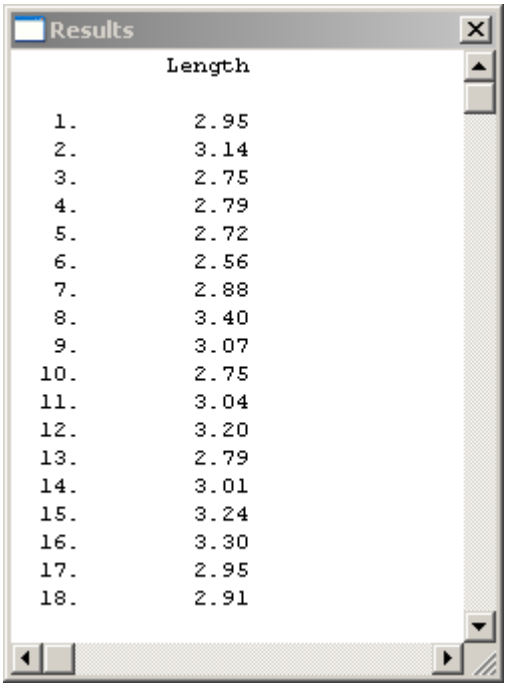

k10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



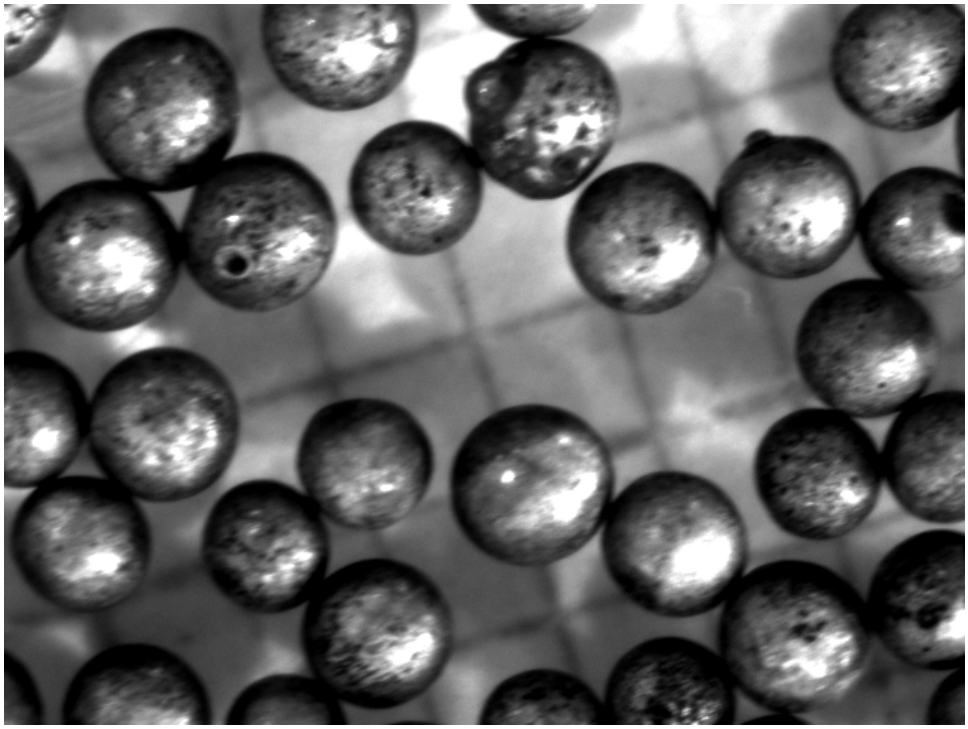
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,270	1,041	3,404
2	3,330	1,060	3,530
3	2,660	0,847	2,252
4	3,240	1,031	3,341
5	3,200	1,019	3,259
6	3,070	0,977	3,000
7	3,200	1,019	3,259
8	2,850	0,907	2,585
9	3,300	1,050	3,466
10	2,910	0,926	2,695
11	2,850	0,907	2,585
12	2,720	0,866	2,355
13	3,140	0,999	3,138
14	3,040	0,968	2,942
15	3,140	0,999	3,138
16	2,950	0,939	2,770
17	3,010	0,958	2,884
18	2,910	0,926	2,695

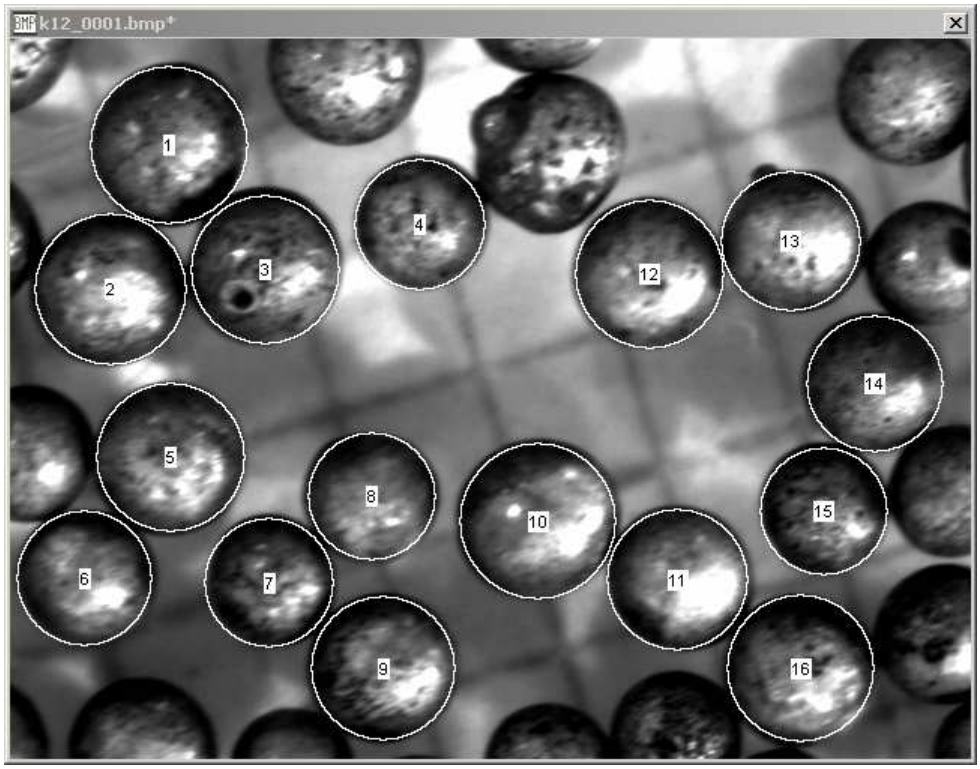


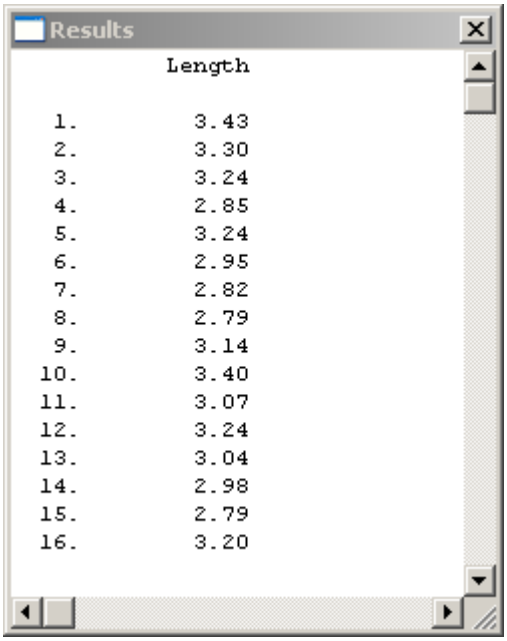

k11_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



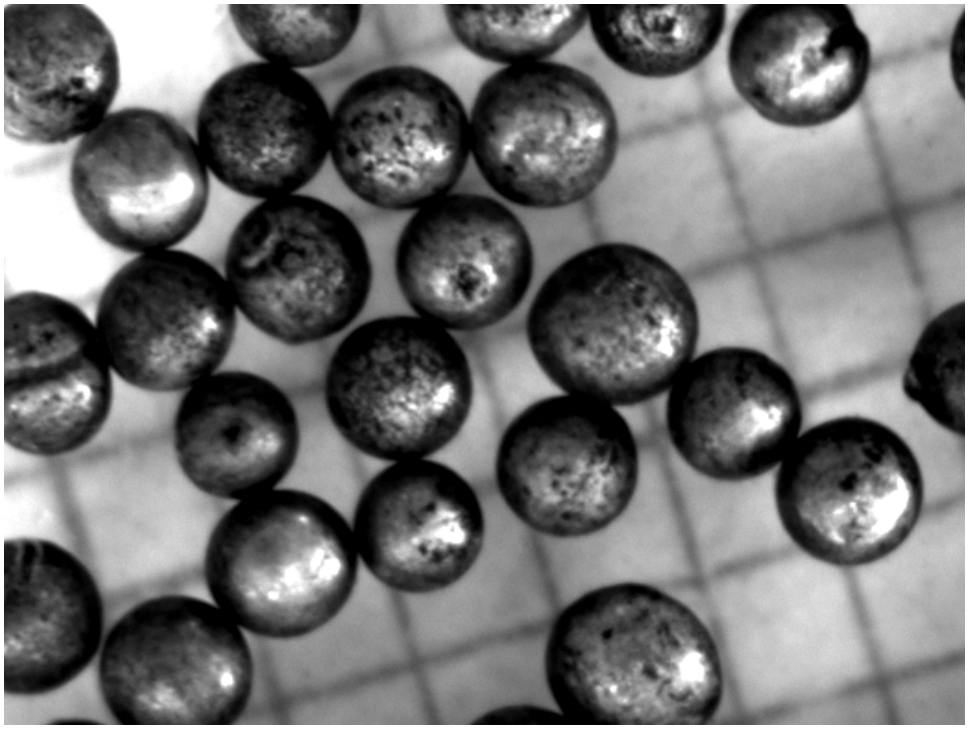
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,950	0,939	2,770
2	3,140	0,999	3,138
3	2,750	0,875	2,407
4	2,790	0,888	2,478
5	2,720	0,866	2,355
6	2,560	0,815	2,086
7	2,880	0,917	2,640
8	3,400	1,082	3,680
9	3,070	0,977	3,000
10	2,750	0,875	2,407
11	3,040	0,968	2,942
12	3,200	1,019	3,259
13	2,790	0,888	2,478
14	3,010	0,958	2,884
15	3,240	1,031	3,341
16	3,300	1,050	3,466
17	2,950	0,939	2,770
18	2,910	0,926	2,695



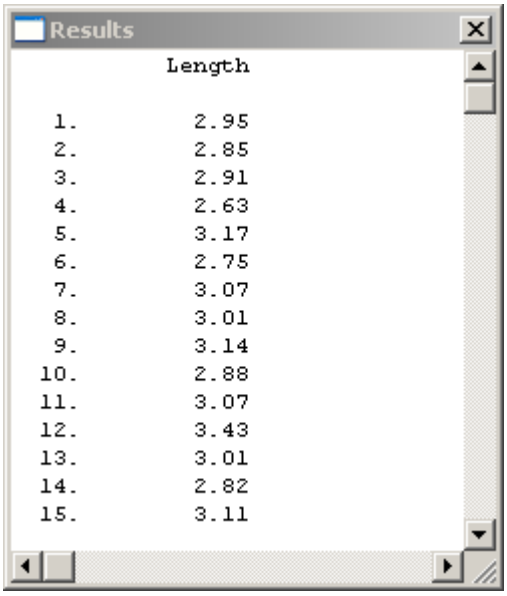

k12_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



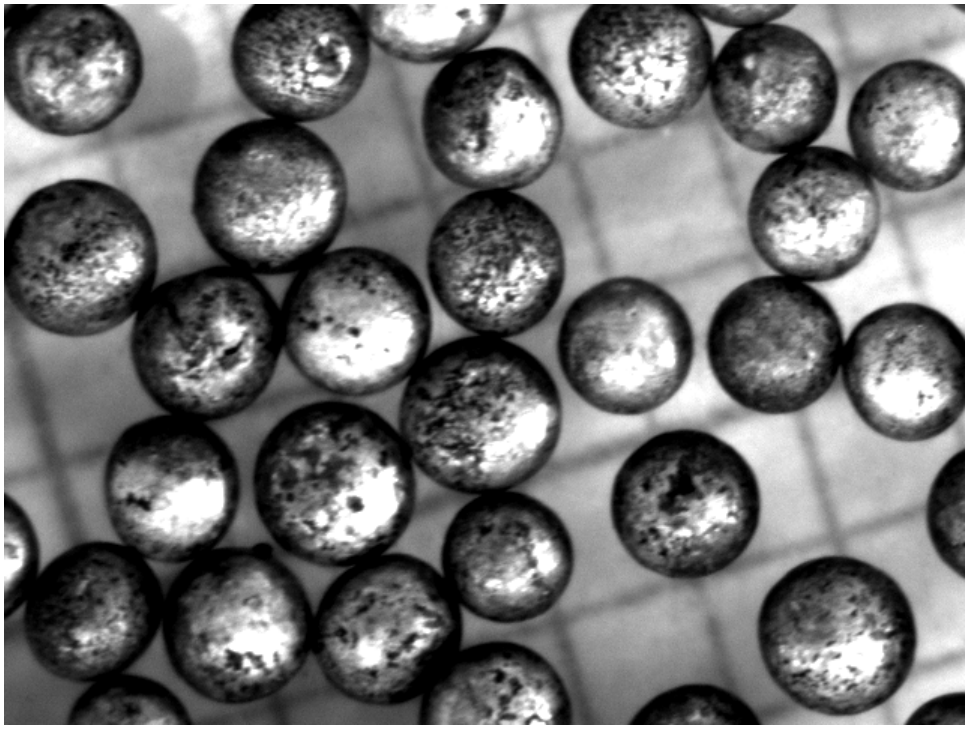
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,430	1,092	3,745
2	3,300	1,050	3,466
3	3,240	1,031	3,341
4	2,850	0,907	2,585
5	3,240	1,031	3,341
6	2,950	0,939	2,770
7	2,820	0,898	2,531
8	2,790	0,888	2,478
9	3,140	0,999	3,138
10	3,400	1,082	3,680
11	3,070	0,977	3,000
12	3,240	1,031	3,341
13	3,040	0,968	2,942
14	2,980	0,949	2,827
15	2,790	0,888	2,478
16	3,200	1,019	3,259

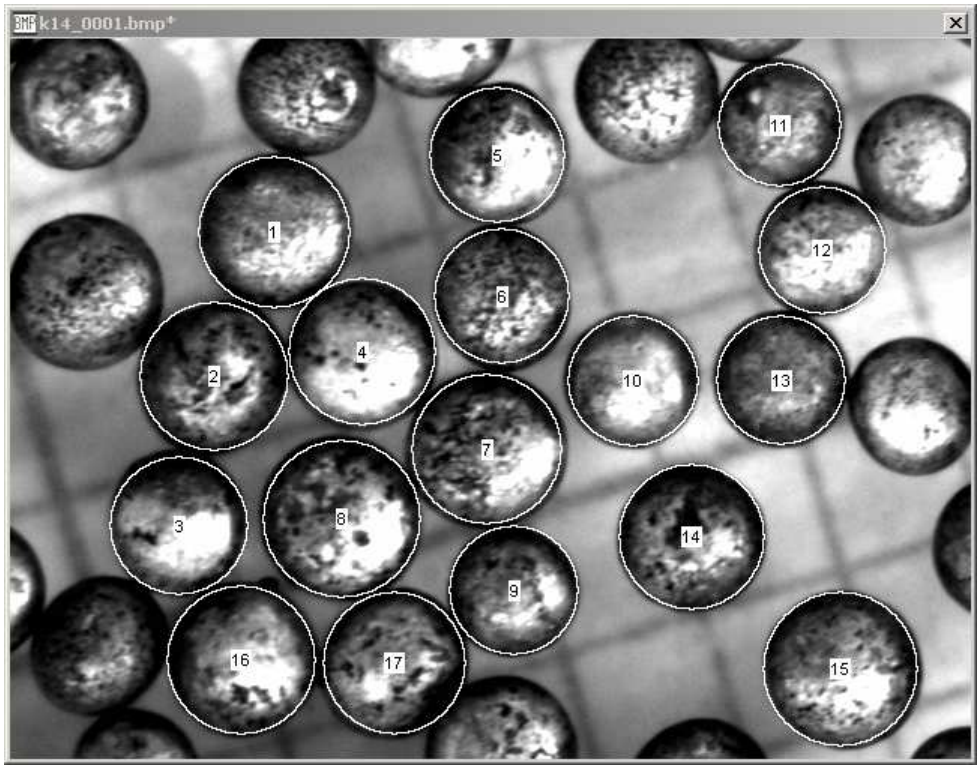


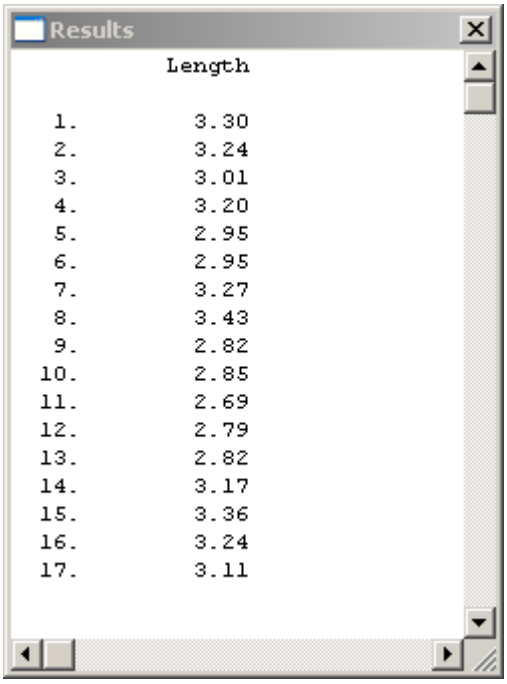

k13_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



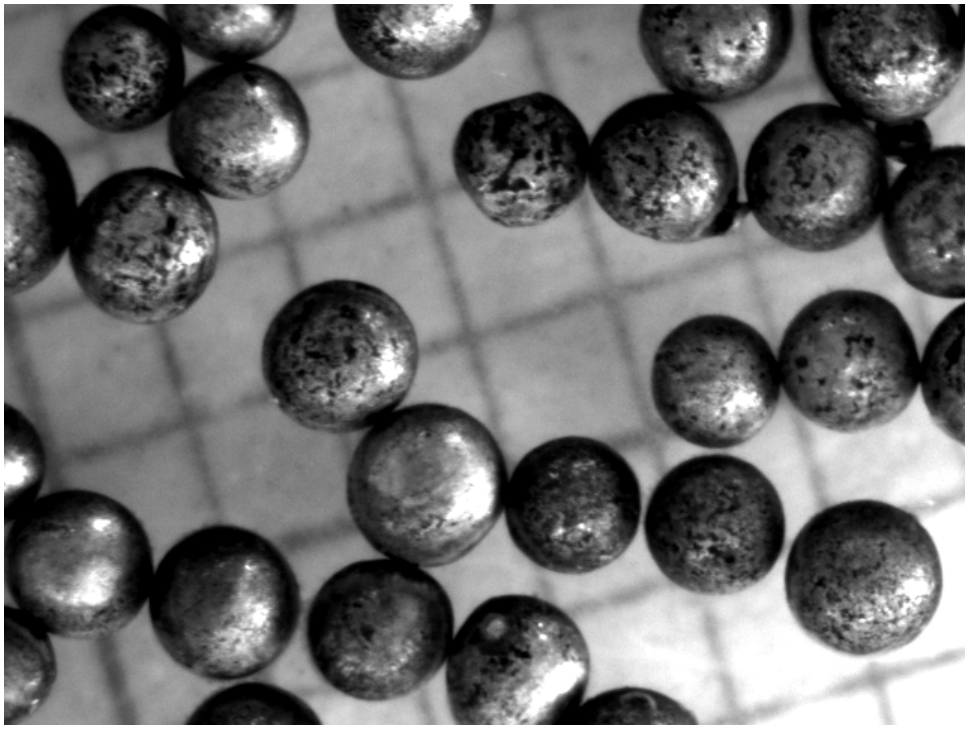
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,950	0,939	2,770
2	2,850	0,907	2,585
3	2,910	0,926	2,695
4	2,630	0,837	2,202
5	3,170	1,009	3,199
6	2,750	0,875	2,407
7	3,070	0,977	3,000
8	3,010	0,958	2,884
9	3,140	0,999	3,138
10	2,880	0,917	2,640
11	3,070	0,977	3,000
12	3,430	1,092	3,745
13	3,010	0,958	2,884
14	2,820	0,898	2,531
15	3,110	0,990	3,079

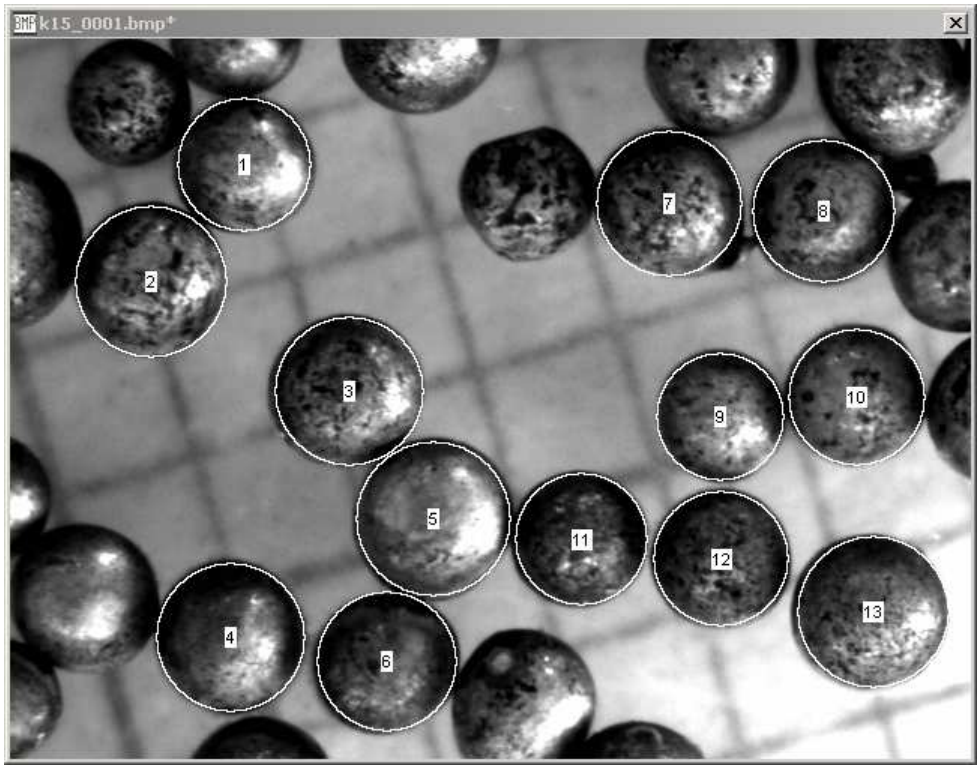


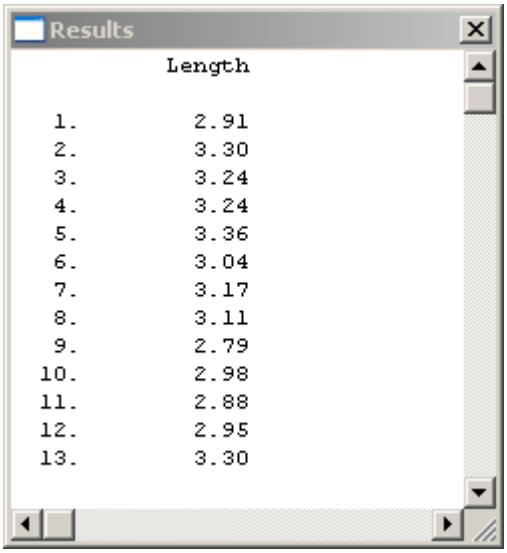

k14_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,300	1,050	3,466
2	3,240	1,031	3,341
3	3,010	0,958	2,884
4	3,200	1,019	3,259
5	2,950	0,939	2,770
6	2,950	0,939	2,770
7	3,270	1,041	3,404
8	3,430	1,092	3,745
9	2,820	0,898	2,531
10	2,850	0,907	2,585
11	2,690	0,856	2,303
12	2,790	0,888	2,478
13	2,820	0,898	2,531
14	3,170	1,009	3,199
15	3,360	1,070	3,594
16	3,240	1,031	3,341
17	3,110	0,990	3,079

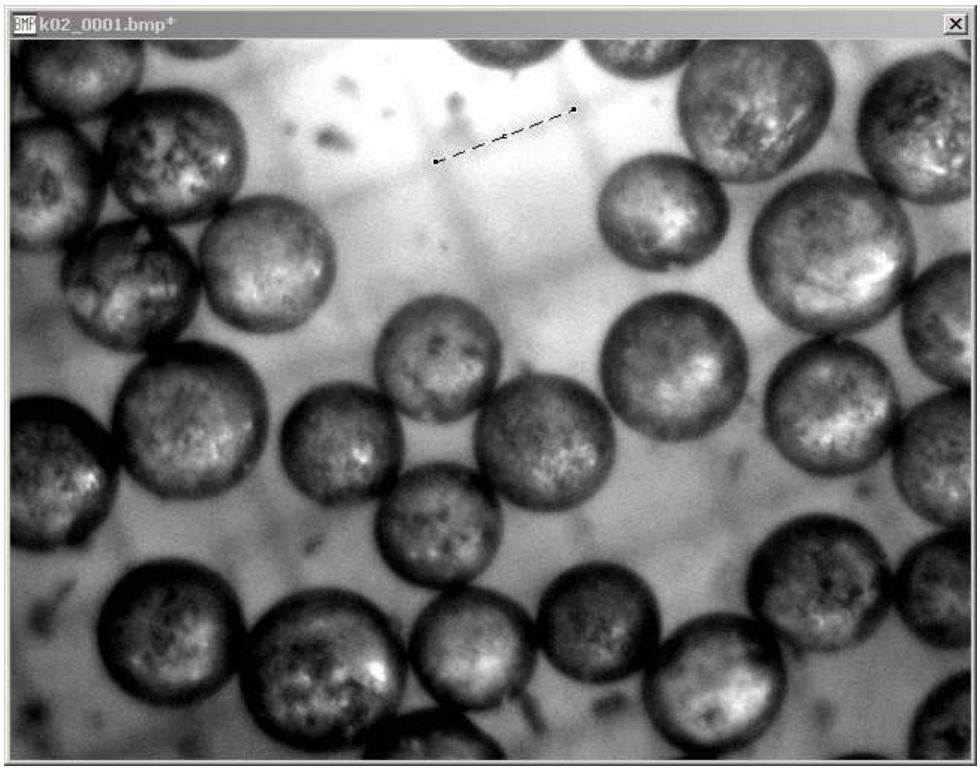


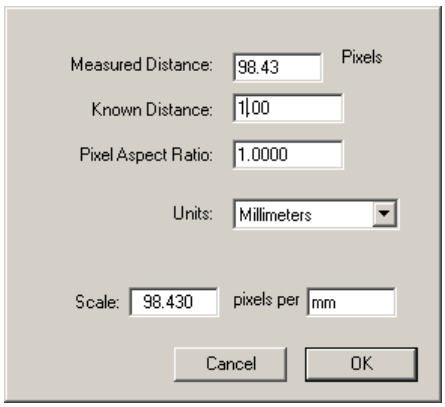

k15_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

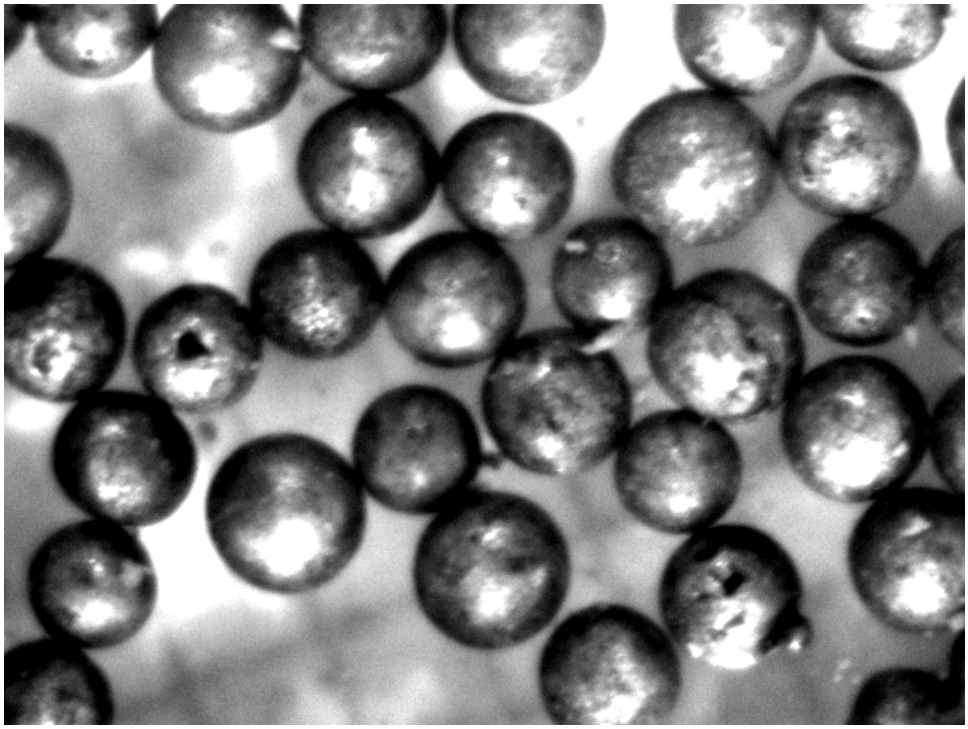


	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,910	0,926	2,695
2	3,300	1,050	3,466
3	3,240	1,031	3,341
4	3,240	1,031	3,341
5	3,360	1,070	3,594
6	3,040	0,968	2,942
7	3,170	1,009	3,199
8	3,110	0,990	3,079
9	2,790	0,888	2,478
10	2,980	0,949	2,827
11	2,880	0,917	2,640
12	2,950	0,939	2,770
13	3,300	1,050	3,466

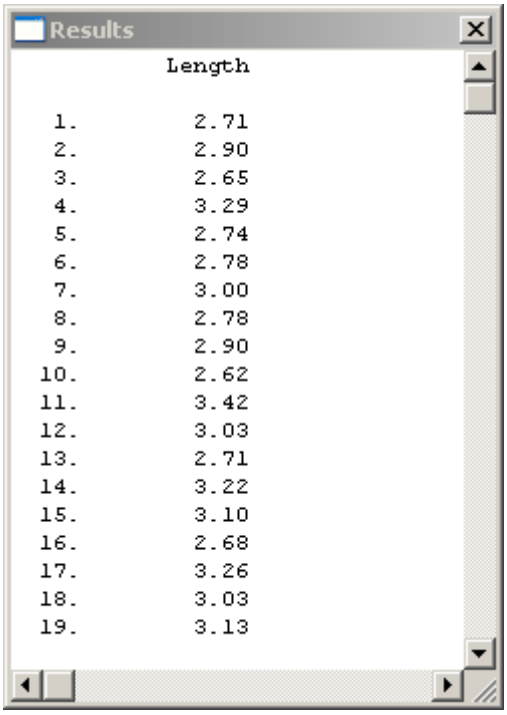
D.3.10 DIA 31 (22-MAIO-2009)



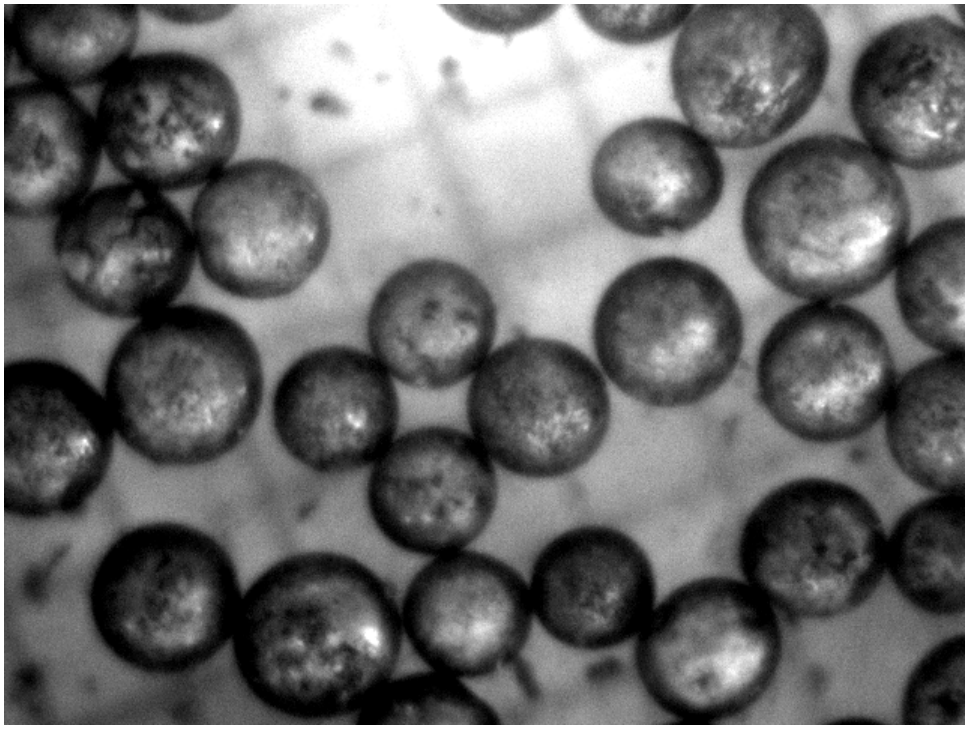


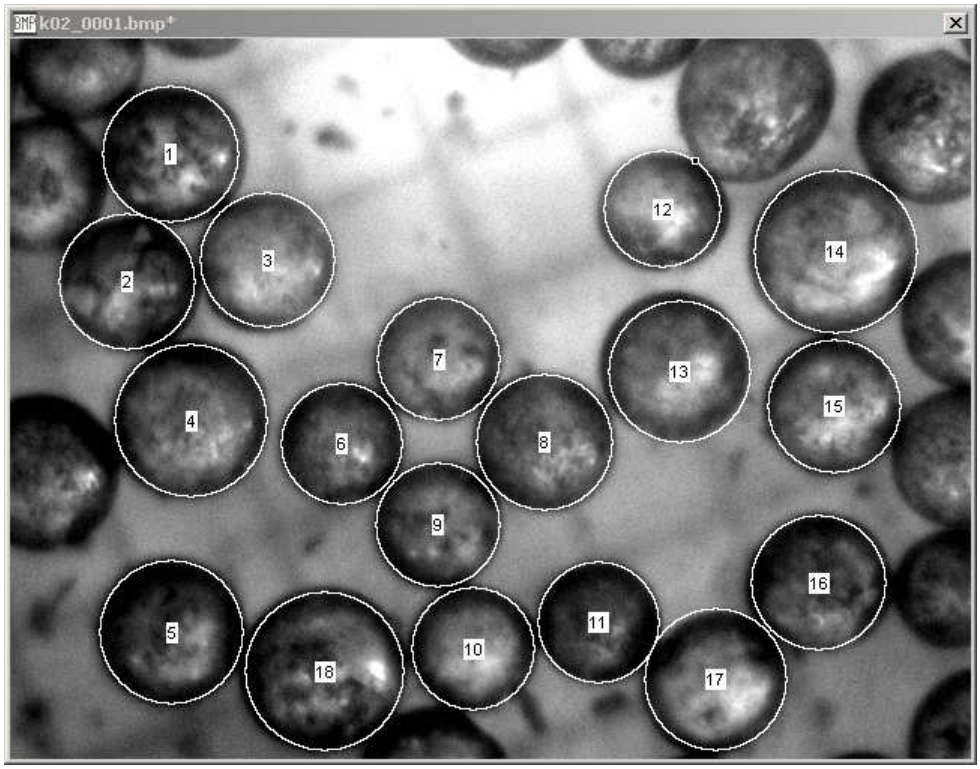


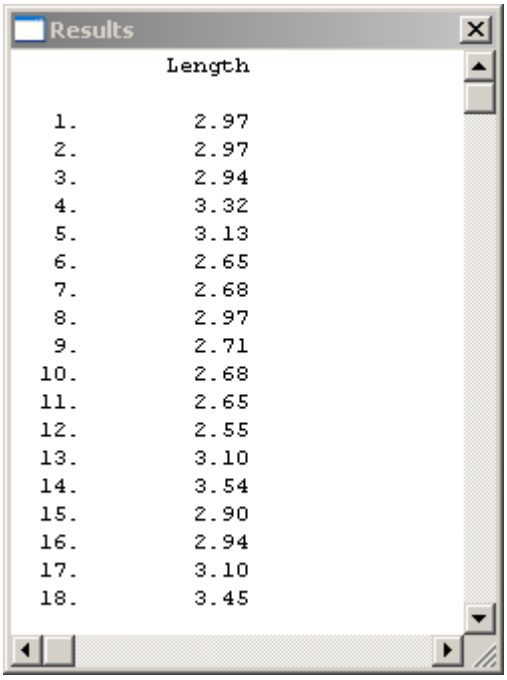

k01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19



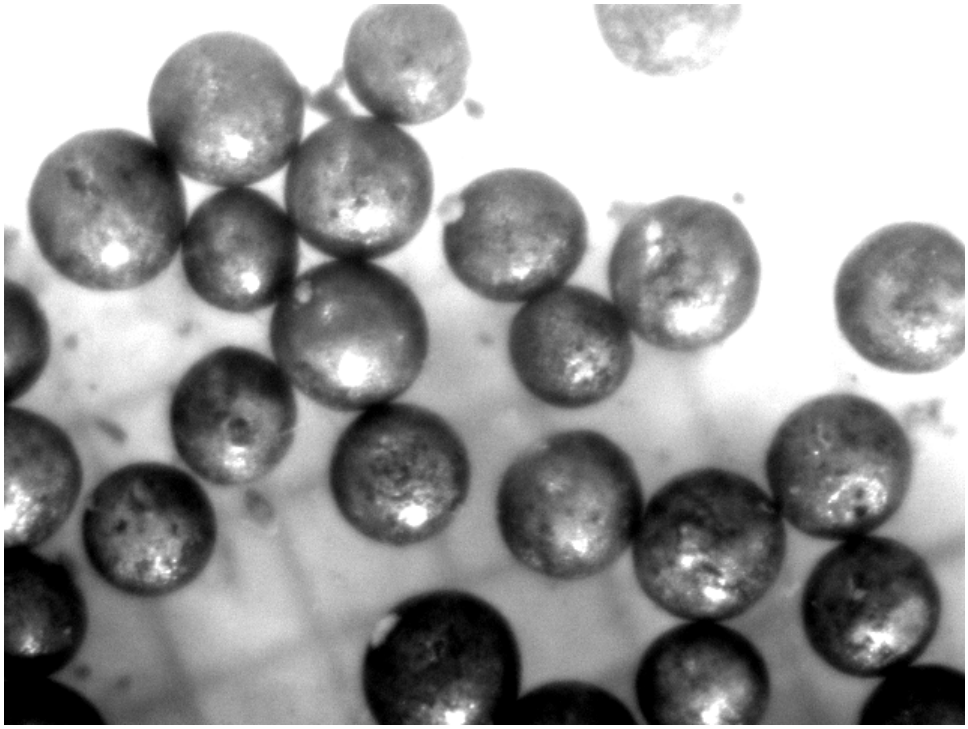
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,710	0,863	2,338
2	2,900	0,923	2,677
3	2,650	0,844	2,235
4	3,290	1,047	3,445
5	2,740	0,872	2,390
6	2,780	0,885	2,460
7	3,000	0,955	2,865
8	2,780	0,885	2,460
9	2,900	0,923	2,677
10	2,620	0,834	2,185
11	3,420	1,089	3,723
12	3,030	0,964	2,922
13	2,710	0,863	2,338
14	3,220	1,025	3,300
15	3,100	0,987	3,059
16	2,680	0,853	2,286
17	3,260	1,038	3,383
18	3,030	0,964	2,922
19	3,130	0,996	3,118



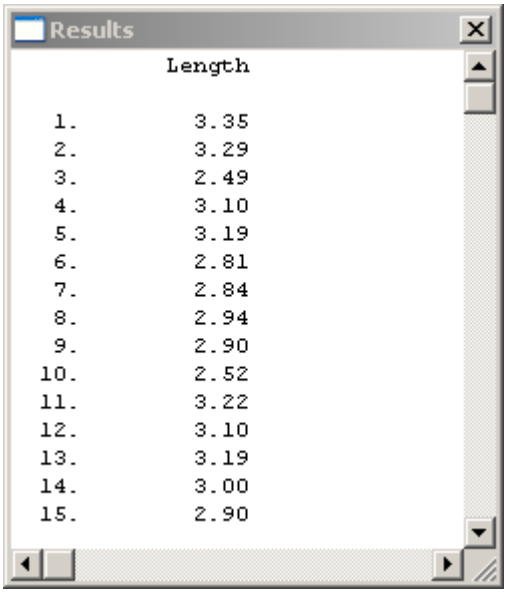

k02_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



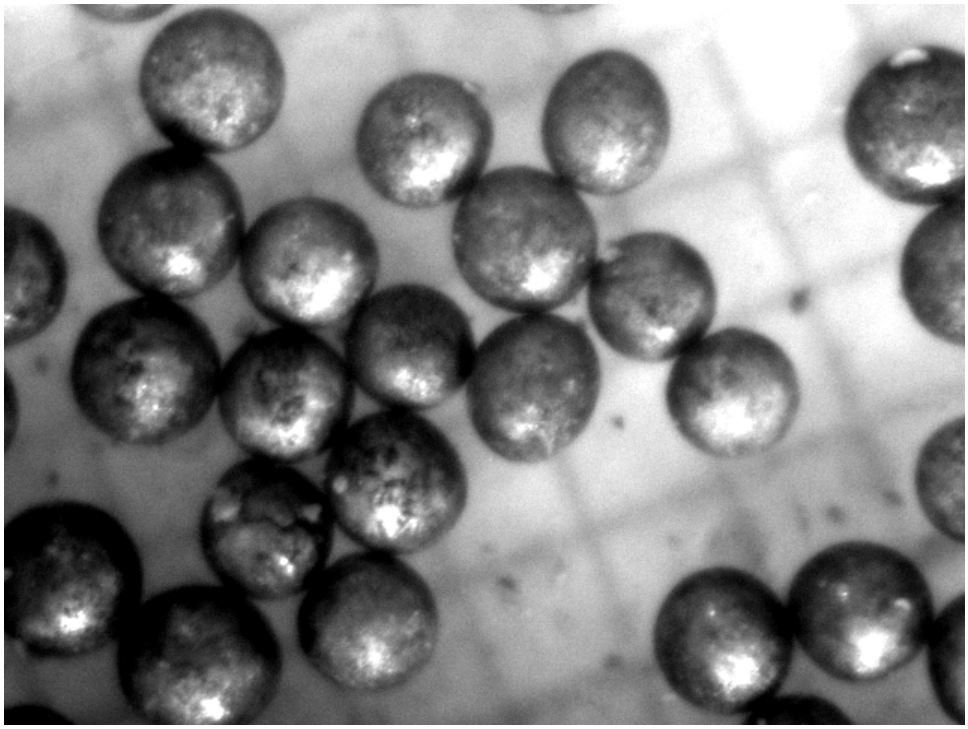
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,970	0,945	2,808
2	2,970	0,945	2,808
3	2,940	0,936	2,751
4	3,320	1,057	3,509
5	3,130	0,996	3,118
6	2,650	0,844	2,235
7	2,680	0,853	2,286
8	2,970	0,945	2,808
9	2,710	0,863	2,338
10	2,680	0,853	2,286
11	2,650	0,844	2,235
12	2,550	0,812	2,070
13	3,100	0,987	3,059
14	3,540	1,127	3,989
15	2,900	0,923	2,677
16	2,940	0,936	2,751
17	3,100	0,987	3,059
18	3,450	1,098	3,789

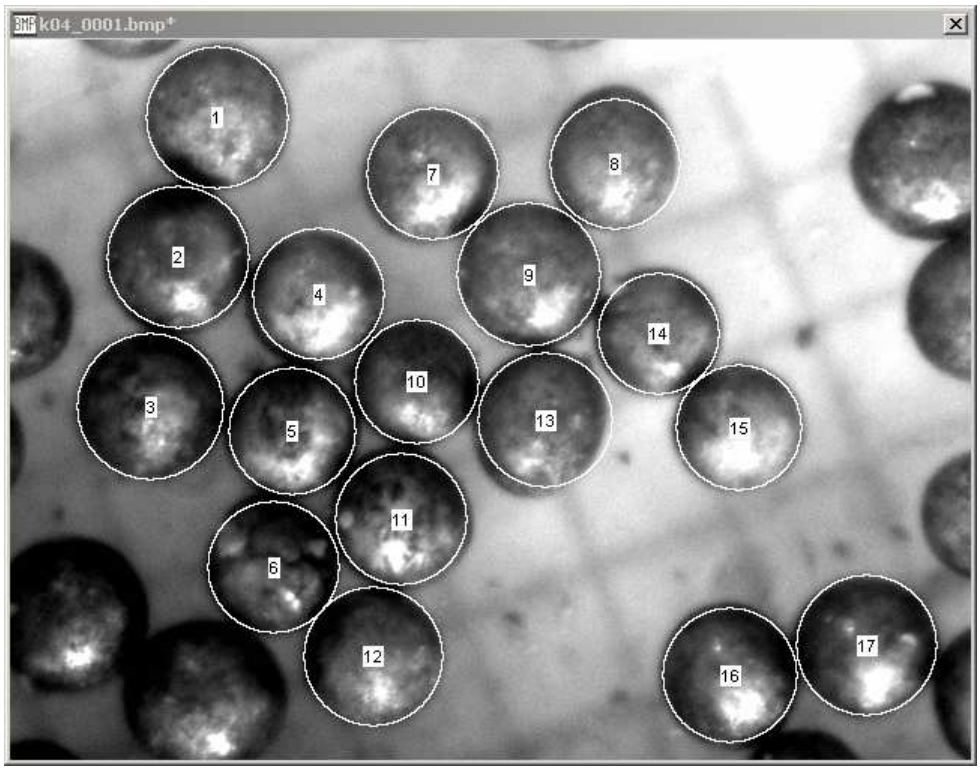


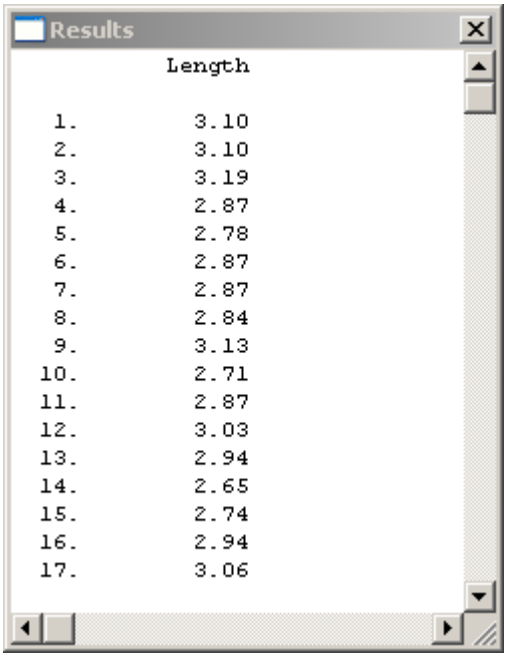

k03_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



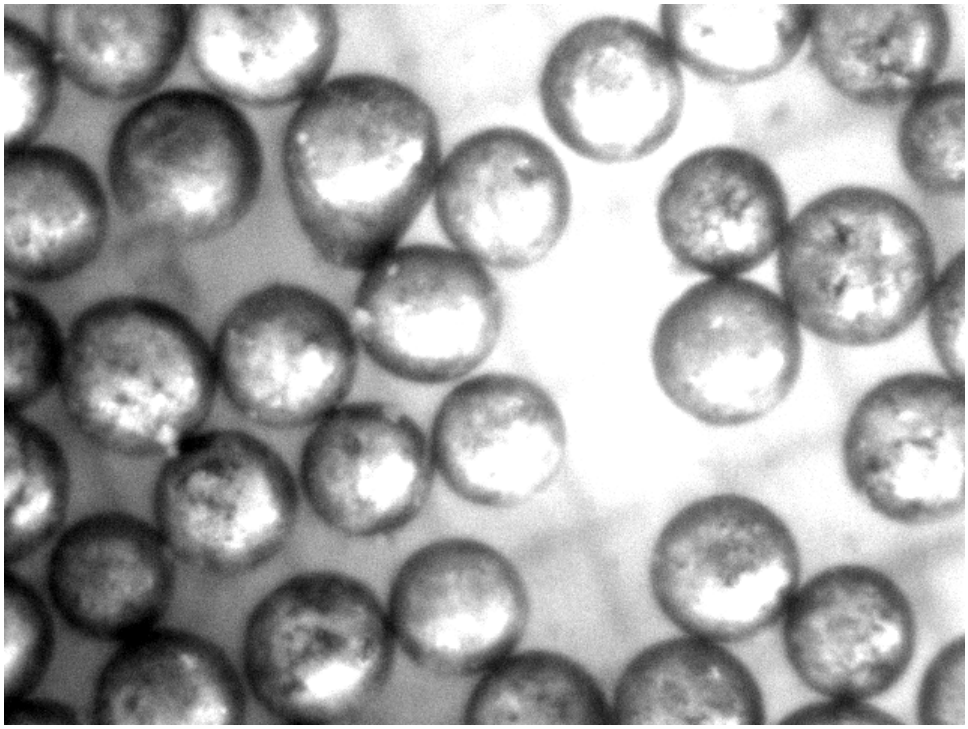
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,350	1,066	3,572
2	3,290	1,047	3,445
3	2,490	0,793	1,974
4	3,100	0,987	3,059
5	3,190	1,015	3,239
6	2,810	0,894	2,513
7	2,840	0,904	2,567
8	2,940	0,936	2,751
9	2,900	0,923	2,677
10	2,520	0,802	2,021
11	3,220	1,025	3,300
12	3,100	0,987	3,059
13	3,190	1,015	3,239
14	3,000	0,955	2,865
15	2,900	0,923	2,677

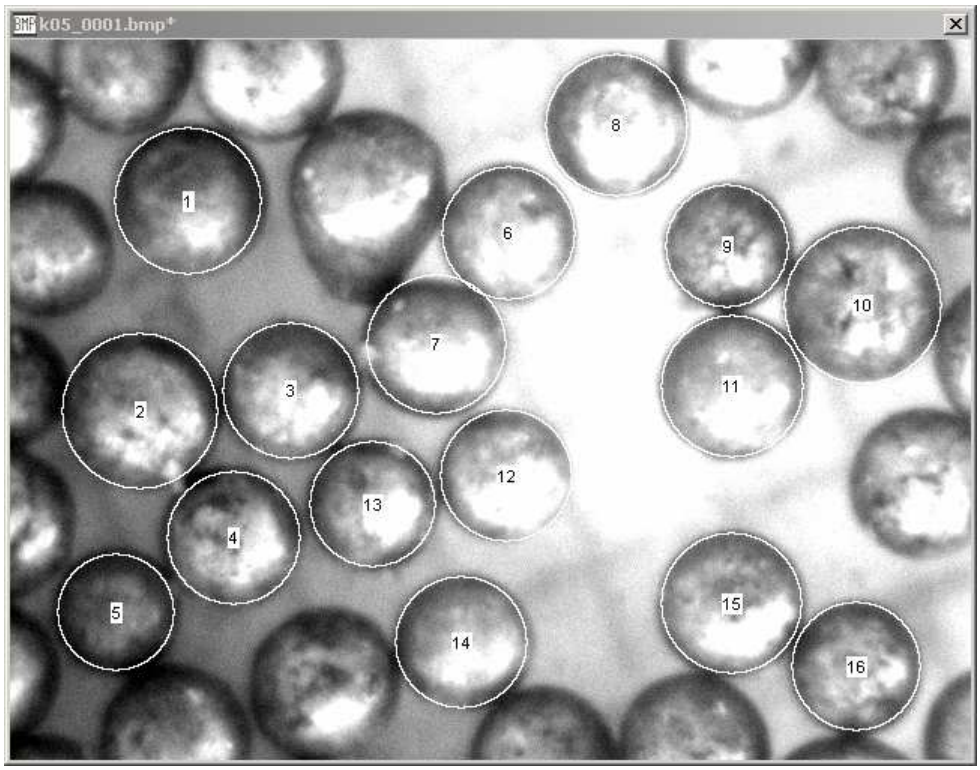


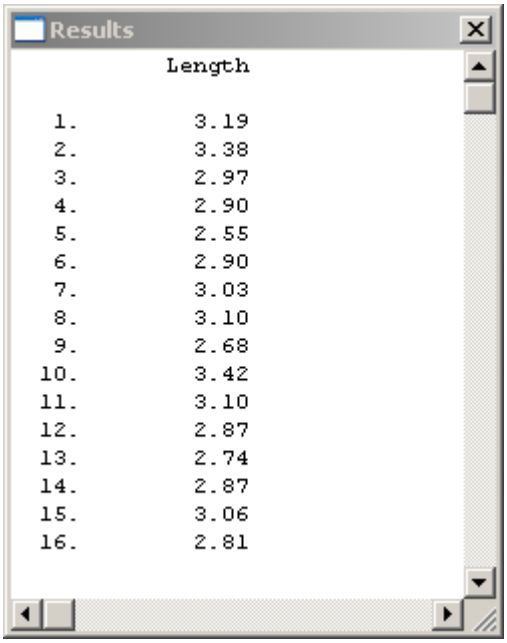

k04_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



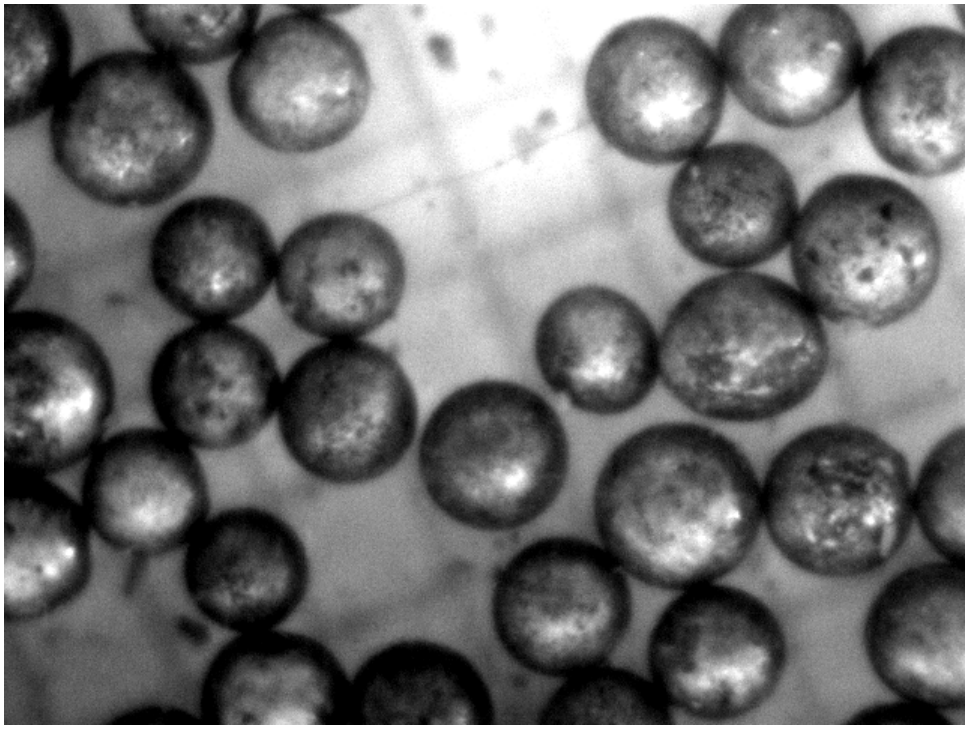
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,100	0,987	3,059
2	3,100	0,987	3,059
3	3,190	1,015	3,239
4	2,870	0,914	2,622
5	2,780	0,885	2,460
6	2,870	0,914	2,622
7	2,870	0,914	2,622
8	2,840	0,904	2,567
9	3,130	0,996	3,118
10	2,710	0,863	2,338
11	2,870	0,914	2,622
12	3,030	0,964	2,922
13	2,940	0,936	2,751
14	2,650	0,844	2,235
15	2,740	0,872	2,390
16	2,940	0,936	2,751
17	3,060	0,974	2,981

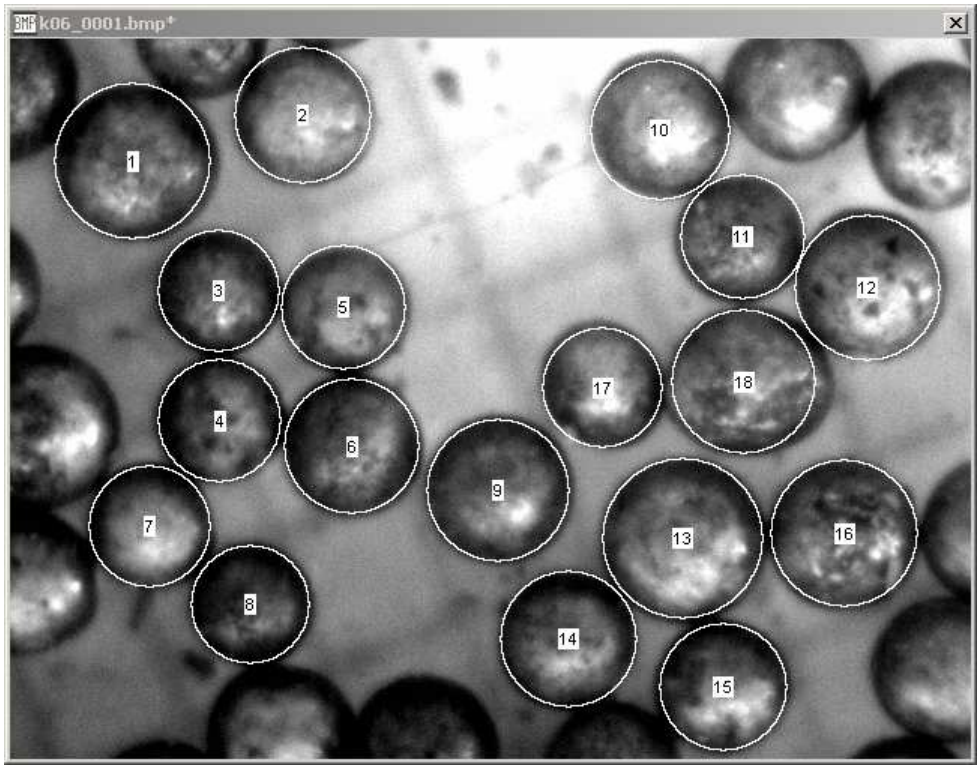


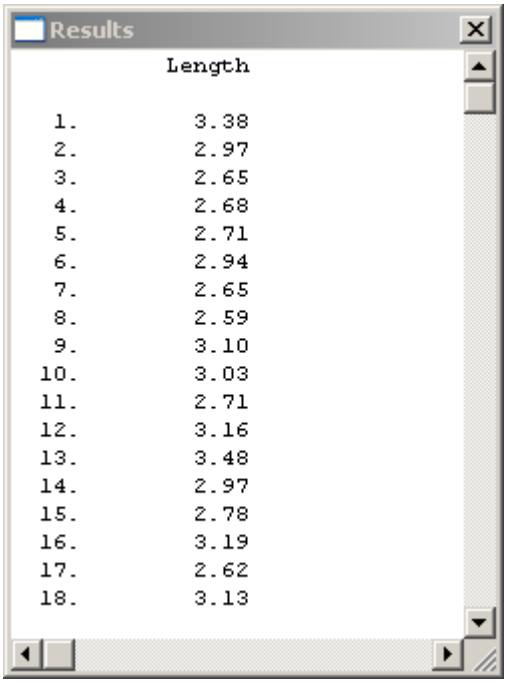

k05_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



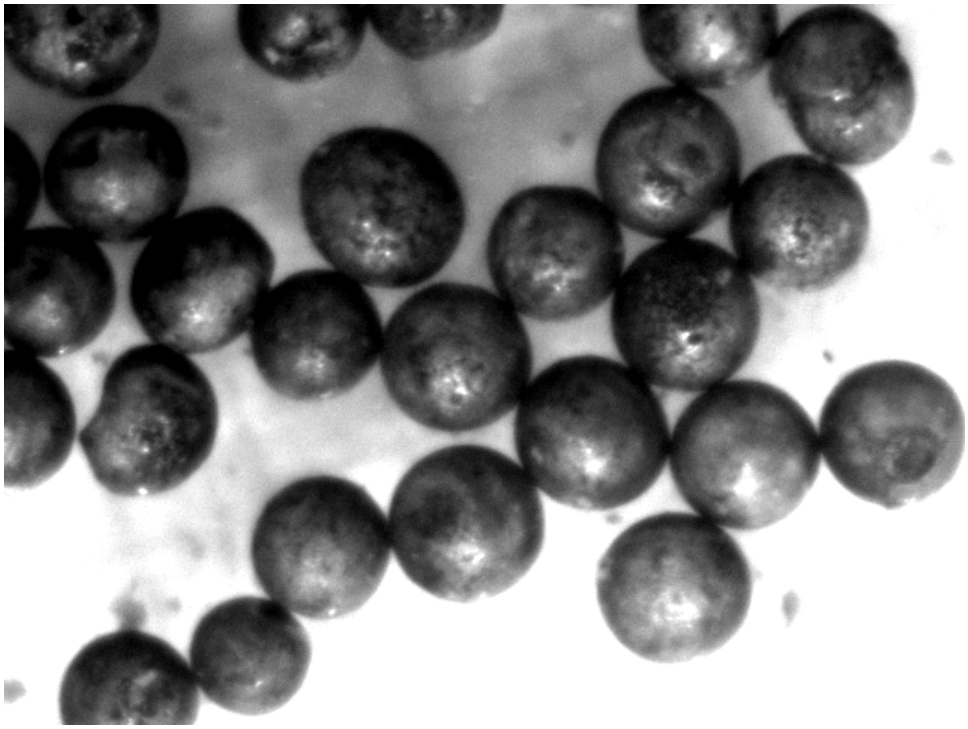
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,190	1,015	3,239
2	3,380	1,076	3,636
3	2,970	0,945	2,808
4	2,900	0,923	2,677
5	2,550	0,812	2,070
6	2,900	0,923	2,677
7	3,030	0,964	2,922
8	3,100	0,987	3,059
9	2,680	0,853	2,286
10	3,420	1,089	3,723
11	3,100	0,987	3,059
12	2,870	0,914	2,622
13	2,740	0,872	2,390
14	2,870	0,914	2,622
15	3,060	0,974	2,981
16	2,810	0,894	2,513



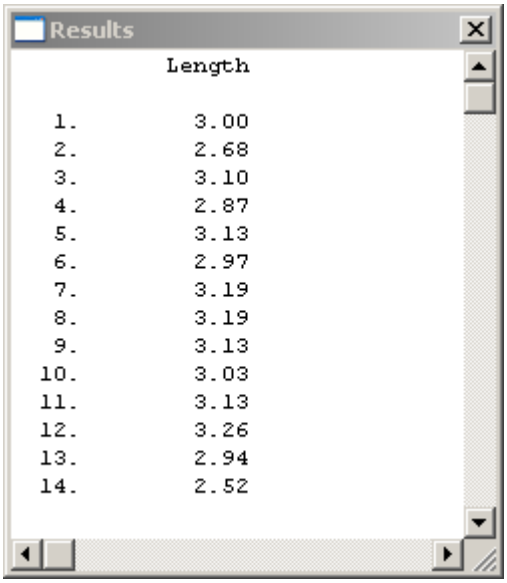

k06_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



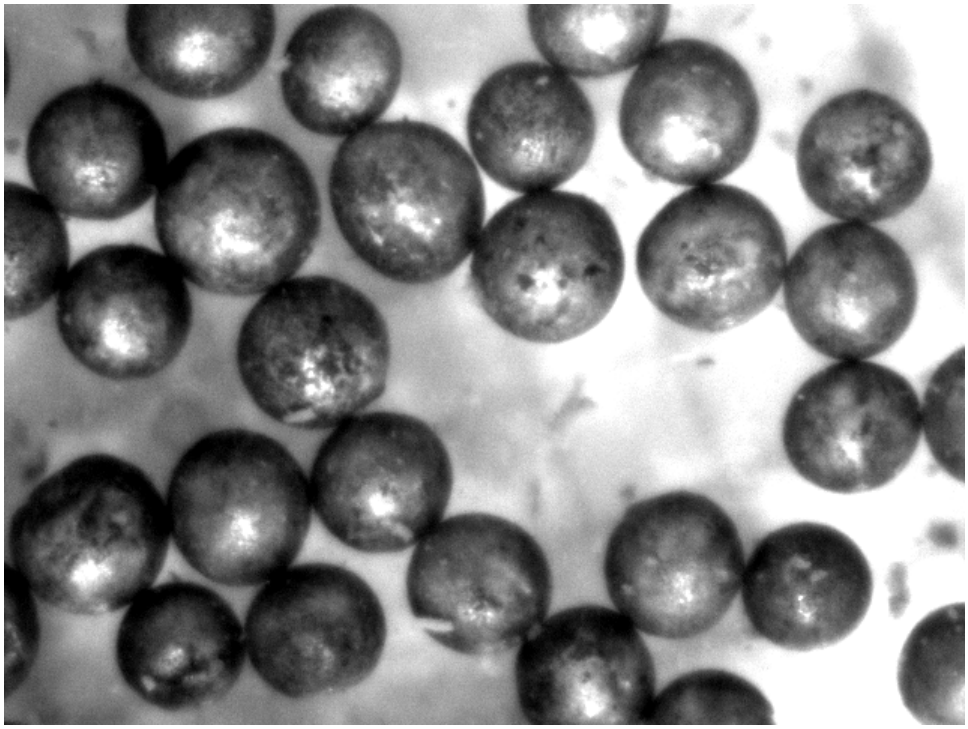
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,380	1,076	3,636
2	2,970	0,945	2,808
3	2,650	0,844	2,235
4	2,680	0,853	2,286
5	2,710	0,863	2,338
6	2,940	0,936	2,751
7	2,650	0,844	2,235
8	2,590	0,824	2,135
9	3,100	0,987	3,059
10	3,030	0,964	2,922
11	2,710	0,863	2,338
12	3,160	1,006	3,179
13	3,480	1,108	3,855
14	2,970	0,945	2,808
15	2,780	0,885	2,460
16	3,190	1,015	3,239
17	2,620	0,834	2,185
18	3,130	0,996	3,118



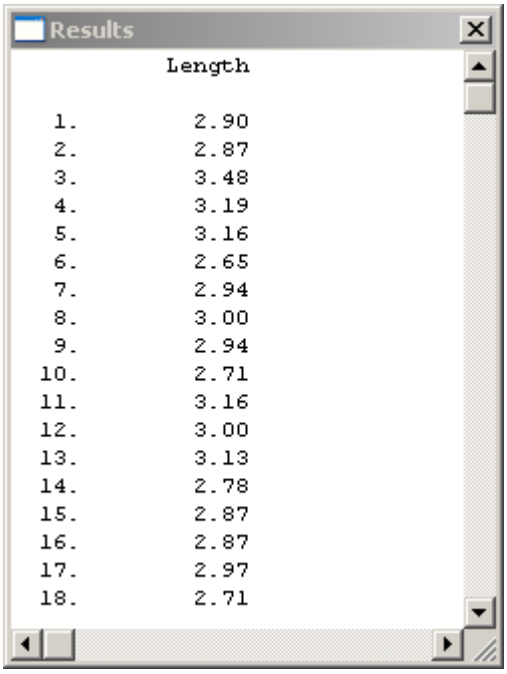

k07_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



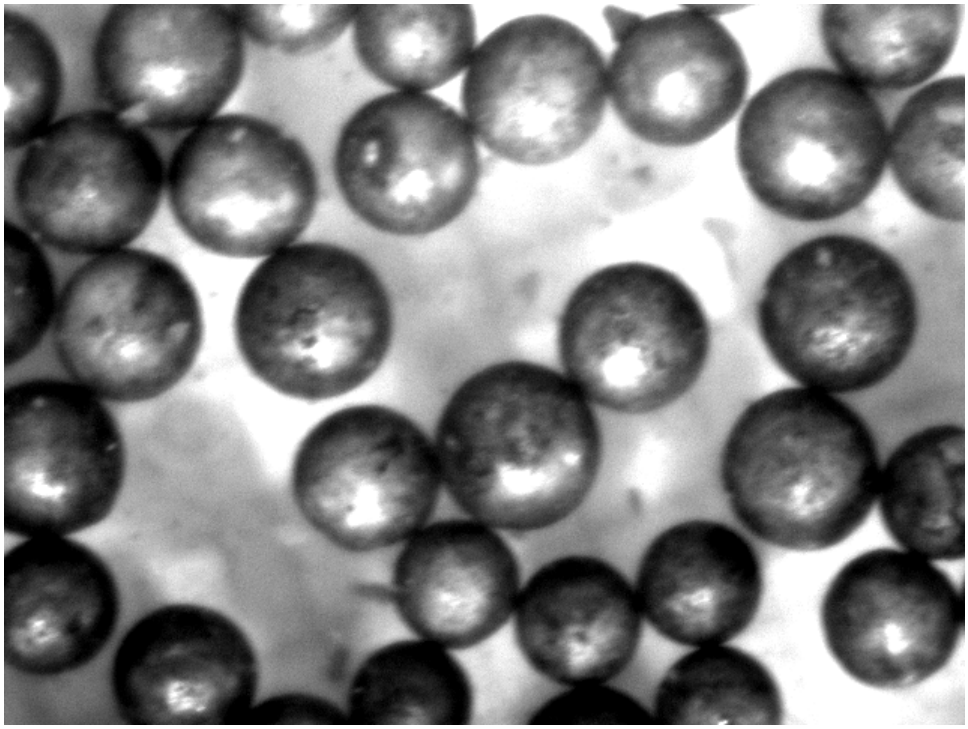
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,000	0,955	2,865
2	2,680	0,853	2,286
3	3,100	0,987	3,059
4	2,870	0,914	2,622
5	3,130	0,996	3,118
6	2,970	0,945	2,808
7	3,190	1,015	3,239
8	3,190	1,015	3,239
9	3,130	0,996	3,118
10	3,030	0,964	2,922
11	3,130	0,996	3,118
12	3,260	1,038	3,383
13	2,940	0,936	2,751
14	2,520	0,802	2,021



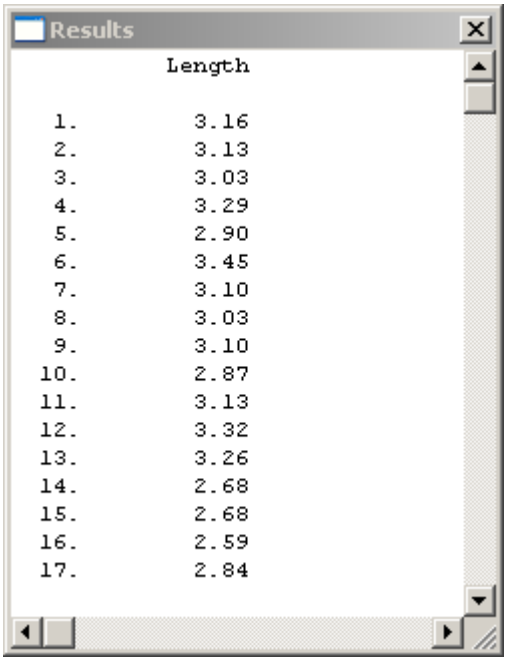

k08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



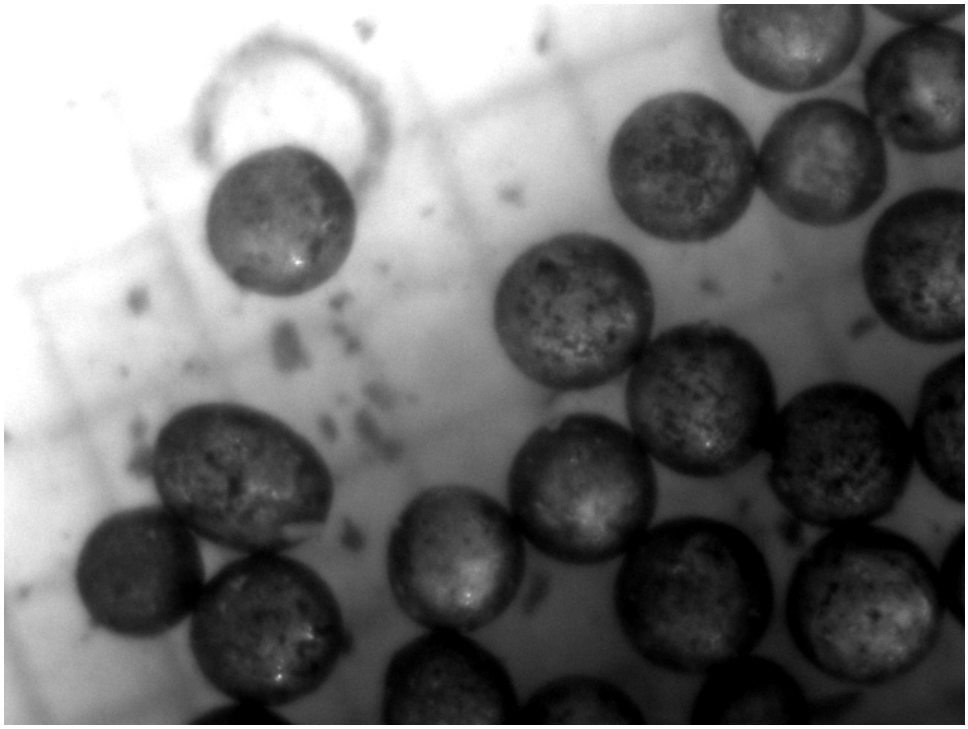
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,900	0,923	2,677
2	2,870	0,914	2,622
3	3,480	1,108	3,855
4	3,190	1,015	3,239
5	3,160	1,006	3,179
6	2,650	0,844	2,235
7	2,940	0,936	2,751
8	3,000	0,955	2,865
9	2,940	0,936	2,751
10	2,710	0,863	2,338
11	3,160	1,006	3,179
12	3,000	0,955	2,865
13	3,130	0,996	3,118
14	2,780	0,885	2,460
15	2,870	0,914	2,622
16	2,870	0,914	2,622
17	2,970	0,945	2,808
18	2,710	0,863	2,338

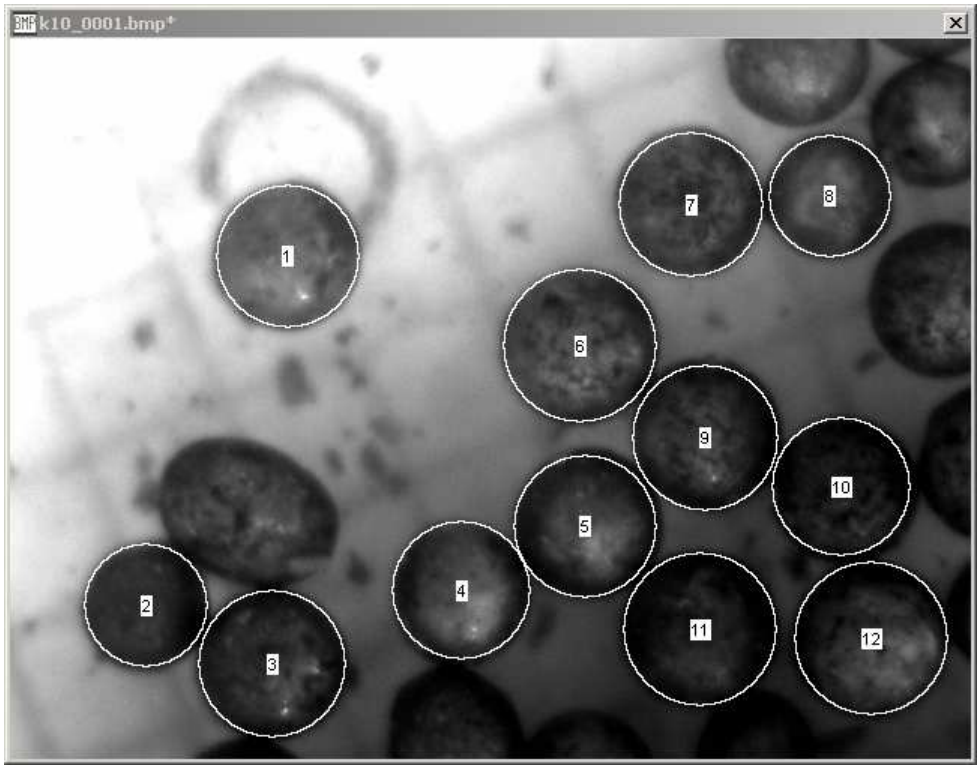


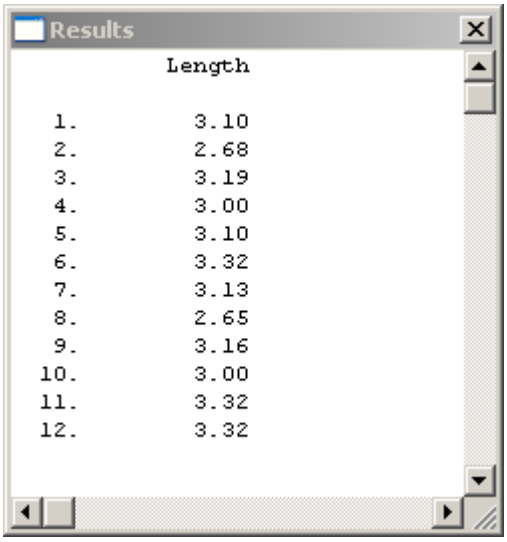

k09_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



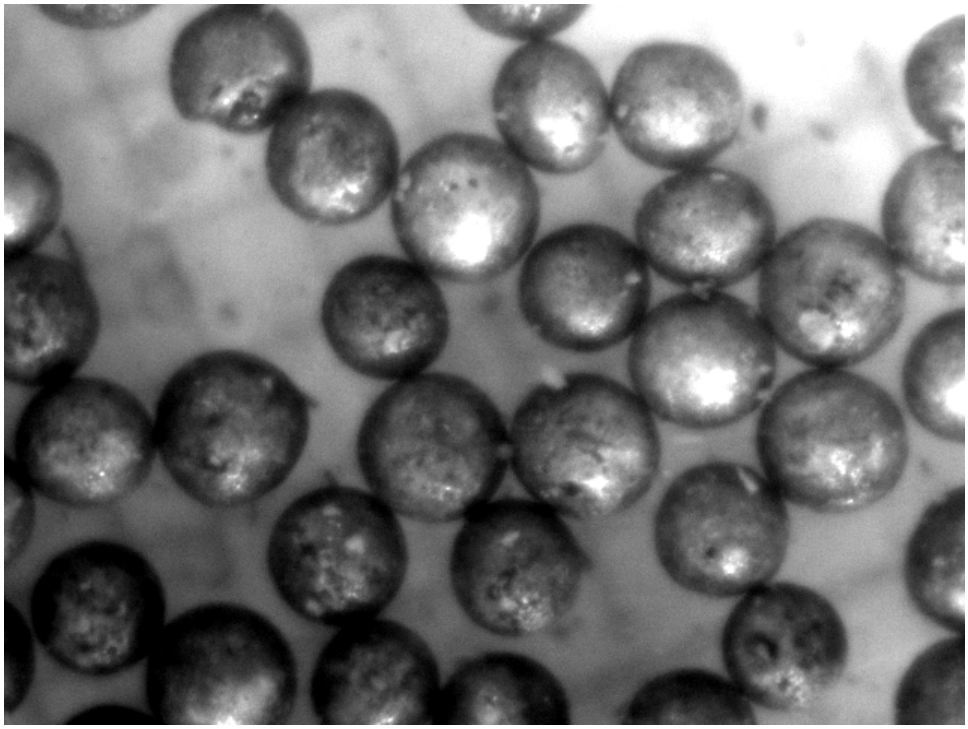
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,160	1,006	3,179
2	3,130	0,996	3,118
3	3,030	0,964	2,922
4	3,290	1,047	3,445
5	2,900	0,923	2,677
6	3,450	1,098	3,789
7	3,100	0,987	3,059
8	3,030	0,964	2,922
9	3,100	0,987	3,059
10	2,870	0,914	2,622
11	3,130	0,996	3,118
12	3,320	1,057	3,509
13	3,260	1,038	3,383
14	2,680	0,853	2,286
15	2,680	0,853	2,286
16	2,590	0,824	2,135
17	2,840	0,904	2,567



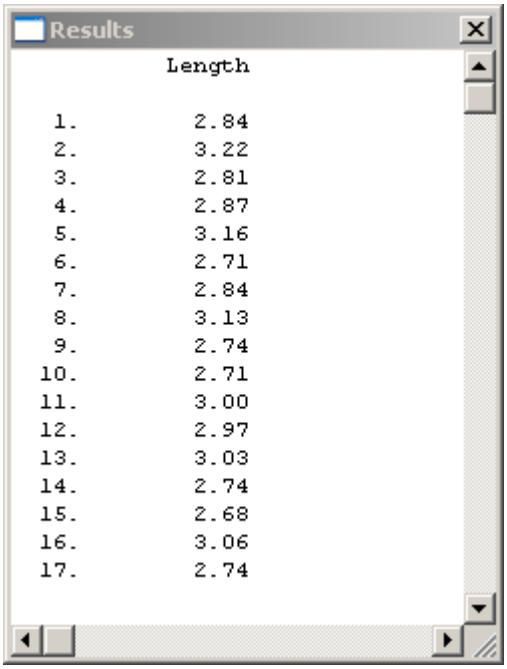

k10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12



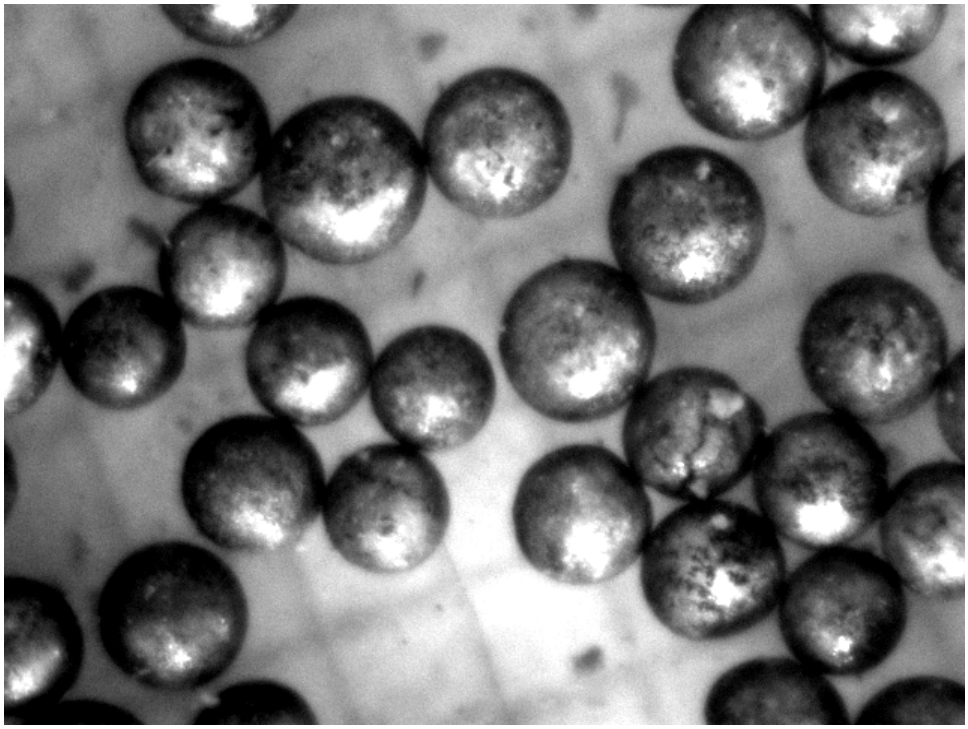
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,100	0,987	3,059
2	2,680	0,853	2,286
3	3,190	1,015	3,239
4	3,000	0,955	2,865
5	3,100	0,987	3,059
6	3,320	1,057	3,509
7	3,130	0,996	3,118
8	2,650	0,844	2,235
9	3,160	1,006	3,179
10	3,000	0,955	2,865
11	3,320	1,057	3,509
12	3,320	1,057	3,509



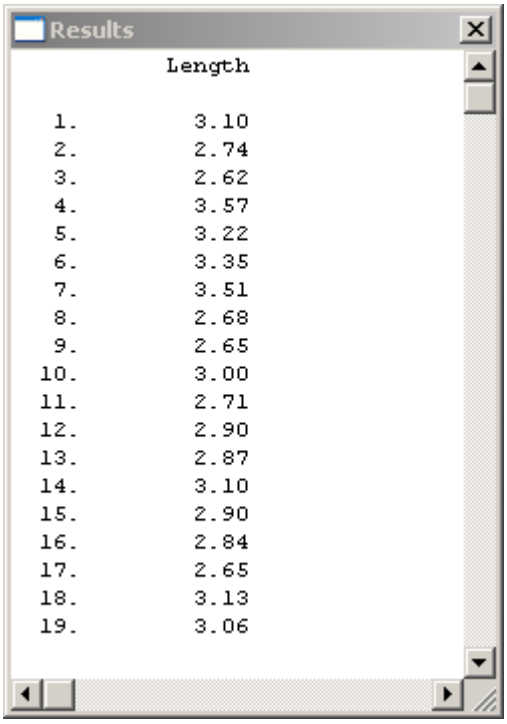

k11_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17



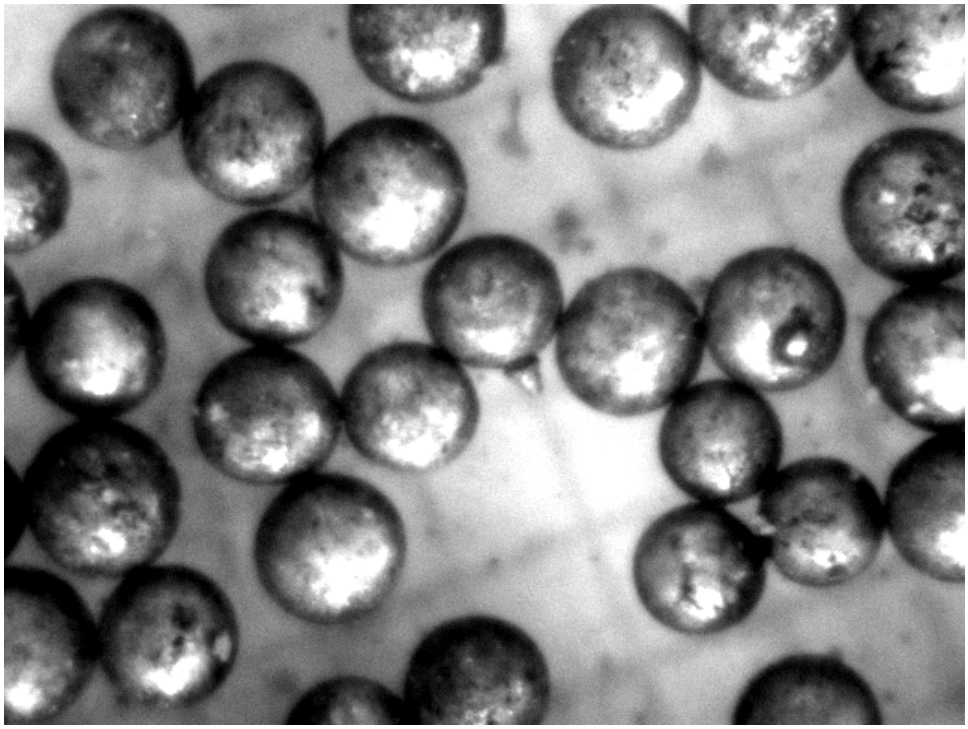
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,840	0,904	2,567
2	3,220	1,025	3,300
3	2,810	0,894	2,513
4	2,870	0,914	2,622
5	3,160	1,006	3,179
6	2,710	0,863	2,338
7	2,840	0,904	2,567
8	3,130	0,996	3,118
9	2,740	0,872	2,390
10	2,710	0,863	2,338
11	3,000	0,955	2,865
12	2,970	0,945	2,808
13	3,030	0,964	2,922
14	2,740	0,872	2,390
15	2,680	0,853	2,286
16	3,060	0,974	2,981
17	2,740	0,872	2,390

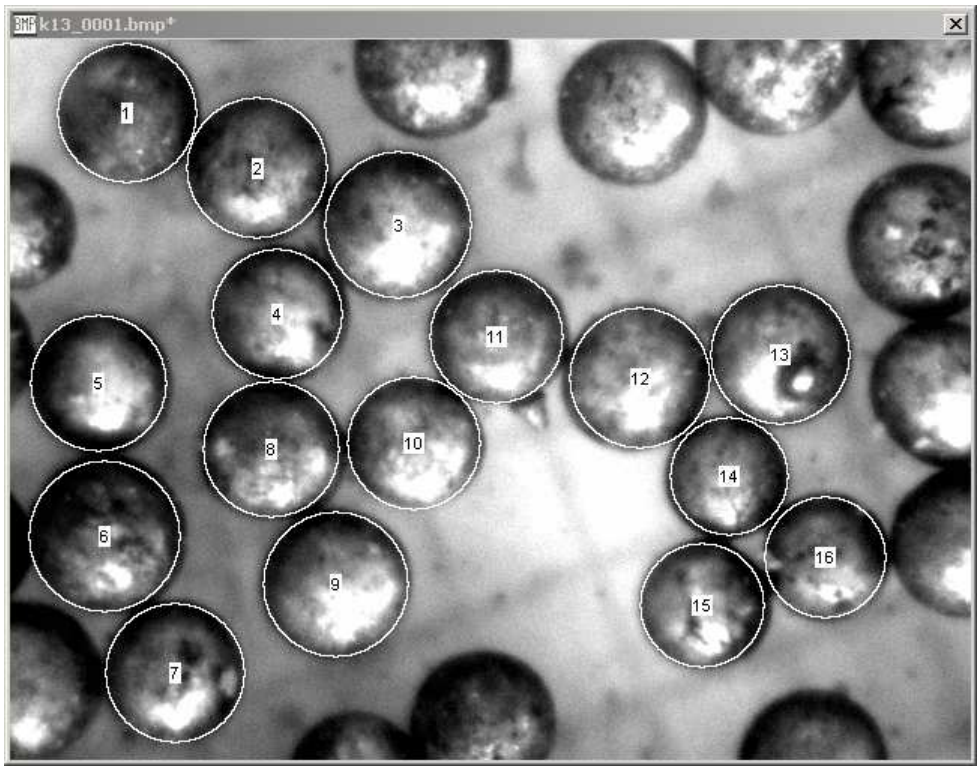


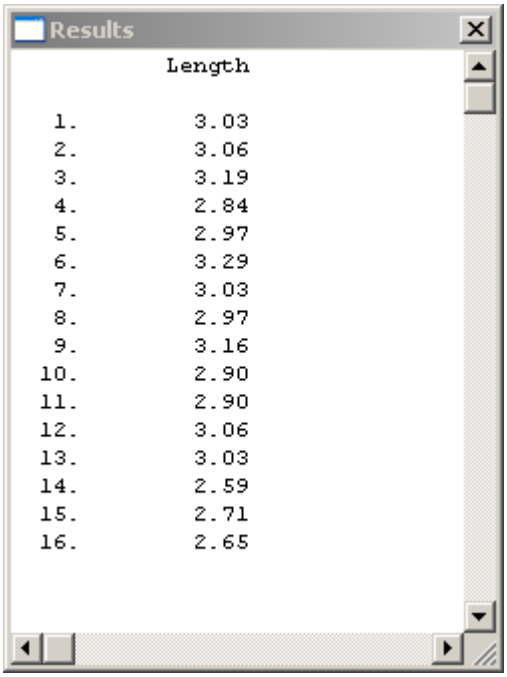

k12_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19



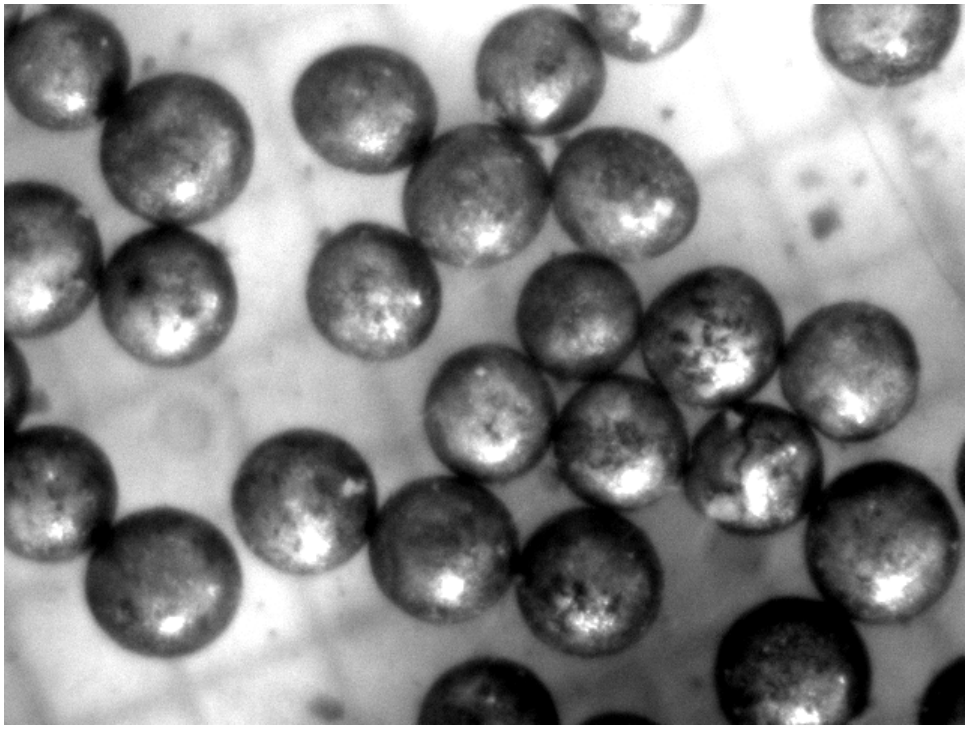
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,100	0,987	3,059
2	2,740	0,872	2,390
3	2,620	0,834	2,185
4	3,570	1,136	4,057
5	3,220	1,025	3,300
6	3,350	1,066	3,572
7	3,510	1,117	3,922
8	2,680	0,853	2,286
9	2,650	0,844	2,235
10	3,000	0,955	2,865
11	2,710	0,863	2,338
12	2,900	0,923	2,677
13	2,870	0,914	2,622
14	3,100	0,987	3,059
15	2,900	0,923	2,677
16	2,840	0,904	2,567
17	2,650	0,844	2,235
18	3,130	0,996	3,118
19	3,060	0,974	2,981



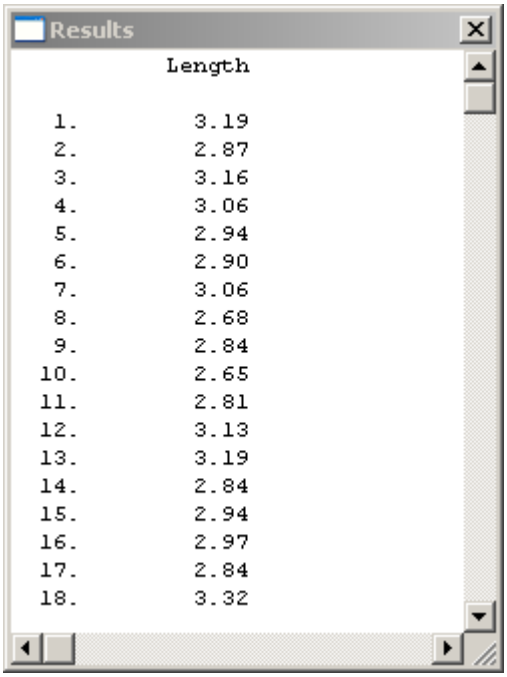

k13_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16



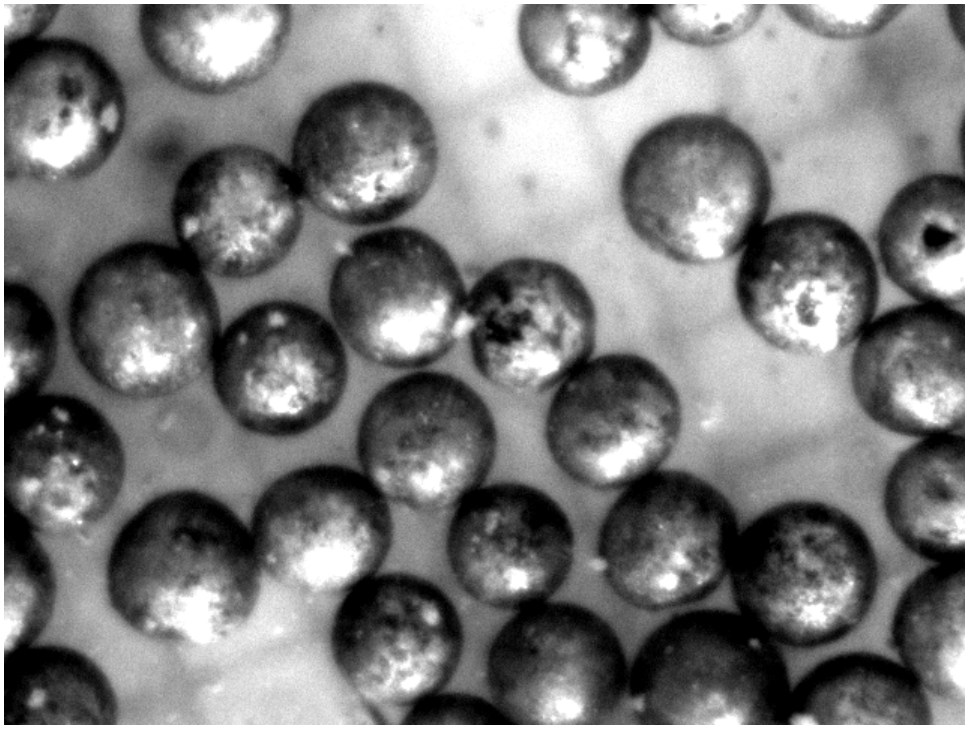
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,030	0,964	2,922
2	3,060	0,974	2,981
3	3,190	1,015	3,239
4	2,840	0,904	2,567
5	2,970	0,945	2,808
6	3,290	1,047	3,445
7	3,030	0,964	2,922
8	2,970	0,945	2,808
9	3,160	1,006	3,179
10	2,900	0,923	2,677
11	2,900	0,923	2,677
12	3,060	0,974	2,981
13	3,030	0,964	2,922
14	2,590	0,824	2,135
15	2,710	0,863	2,338
16	2,650	0,844	2,235

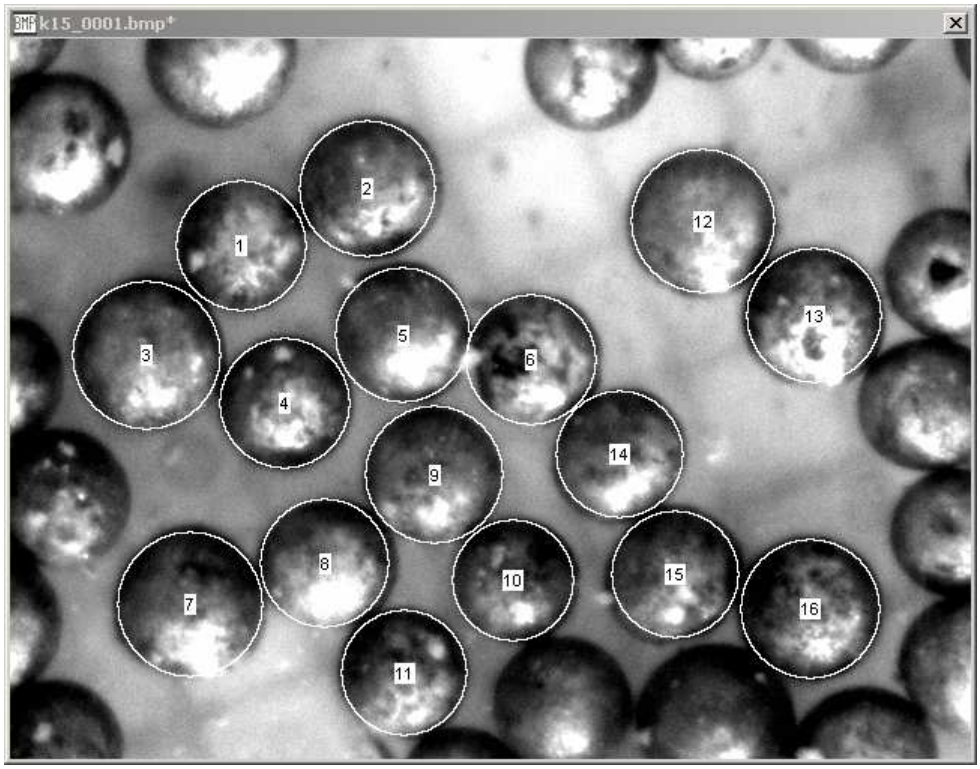


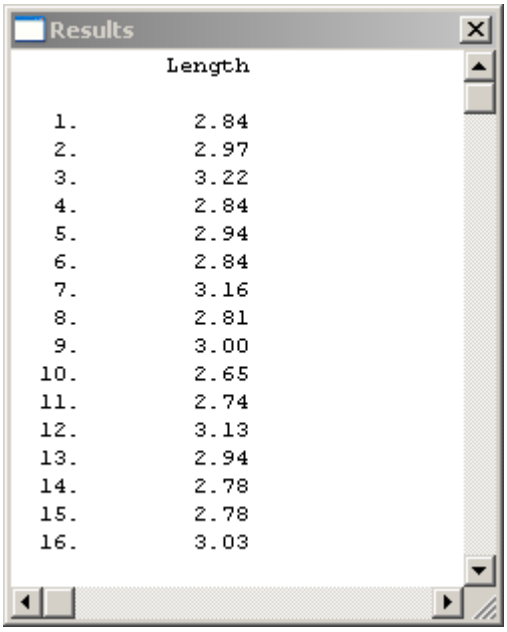

k14_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,190	1,015	3,239
2	2,870	0,914	2,622
3	3,160	1,006	3,179
4	3,060	0,974	2,981
5	2,940	0,936	2,751
6	2,900	0,923	2,677
7	3,060	0,974	2,981
8	2,680	0,853	2,286
9	2,840	0,904	2,567
10	2,650	0,844	2,235
11	2,810	0,894	2,513
12	3,130	0,996	3,118
13	3,190	1,015	3,239
14	2,840	0,904	2,567
15	2,940	0,936	2,751
16	2,970	0,945	2,808
17	2,840	0,904	2,567
18	3,320	1,057	3,509

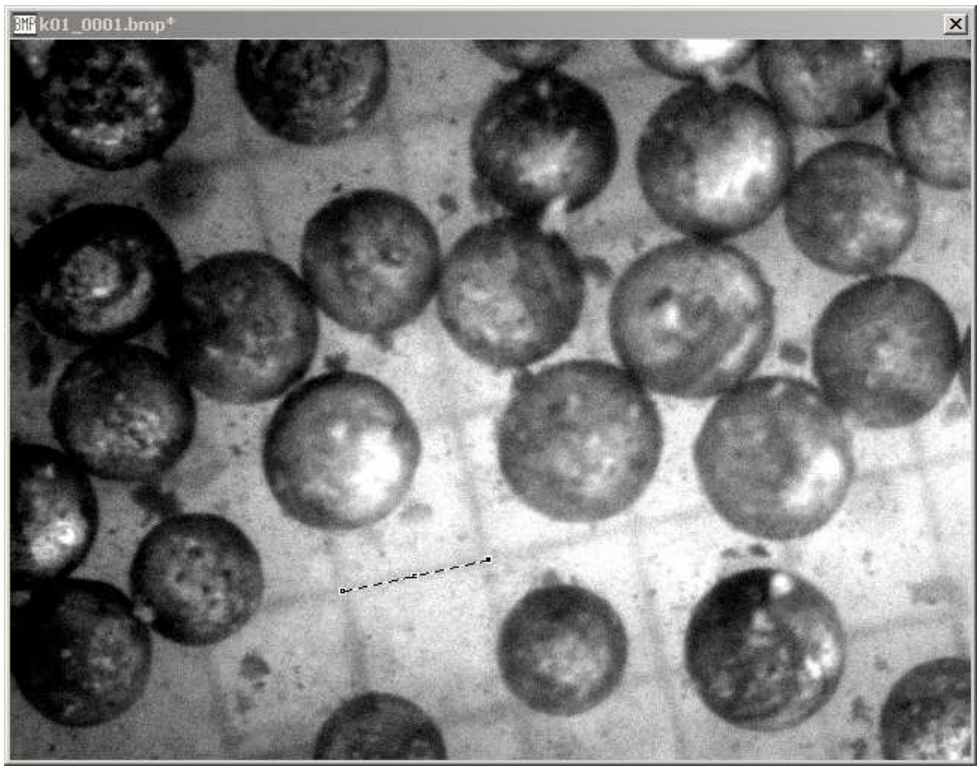


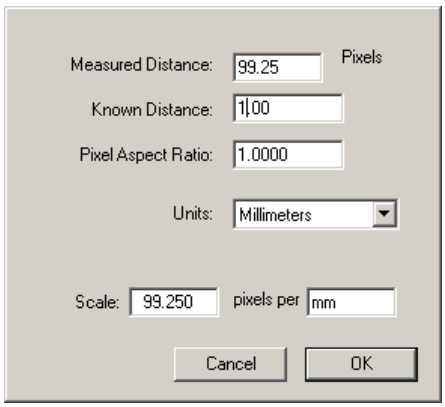

k15_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16

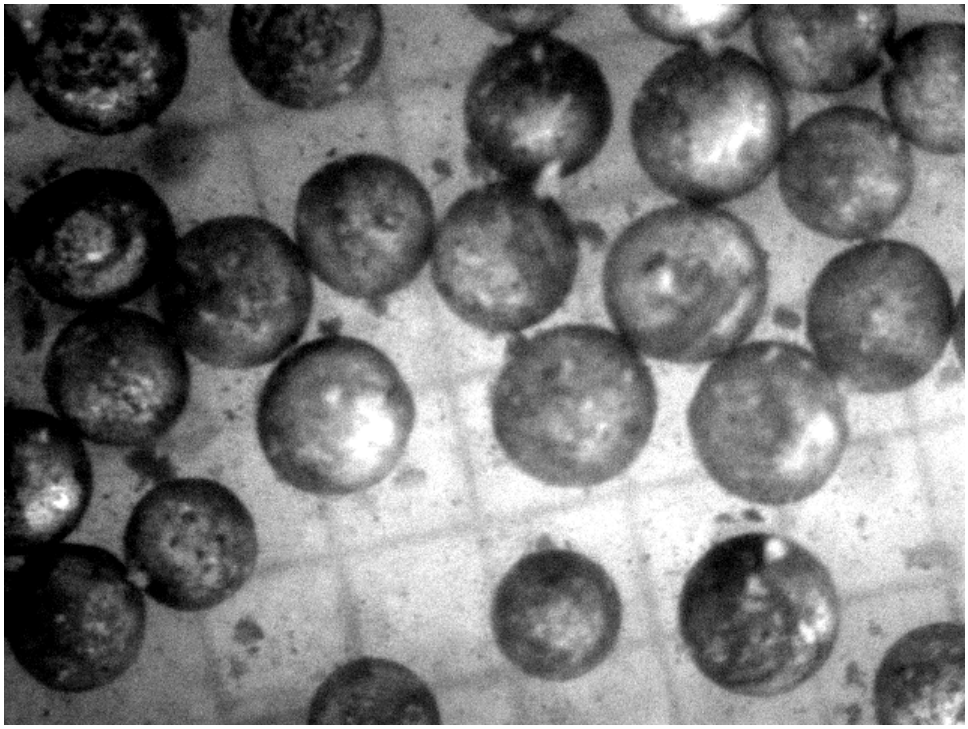


	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,840	0,904	2,567
2	2,970	0,945	2,808
3	3,220	1,025	3,300
4	2,840	0,904	2,567
5	2,940	0,936	2,751
6	2,840	0,904	2,567
7	3,160	1,006	3,179
8	2,810	0,894	2,513
9	3,000	0,955	2,865
10	2,650	0,844	2,235
11	2,740	0,872	2,390
12	3,130	0,996	3,118
13	2,940	0,936	2,751
14	2,780	0,885	2,460
15	2,780	0,885	2,460
16	3,030	0,964	2,922

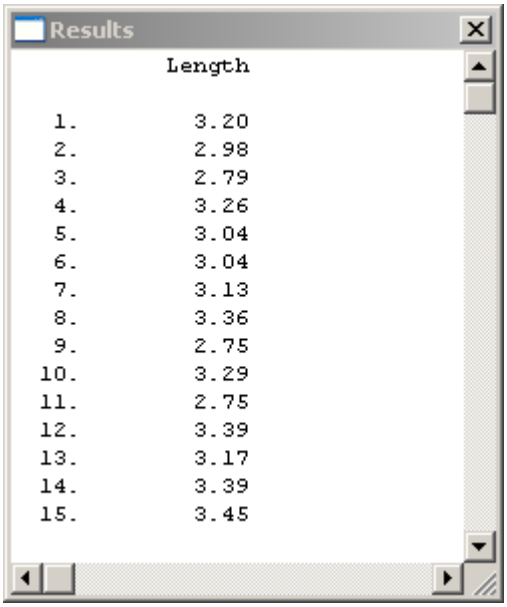
D.3.11 DIA 36 (27-MAIO-2009)



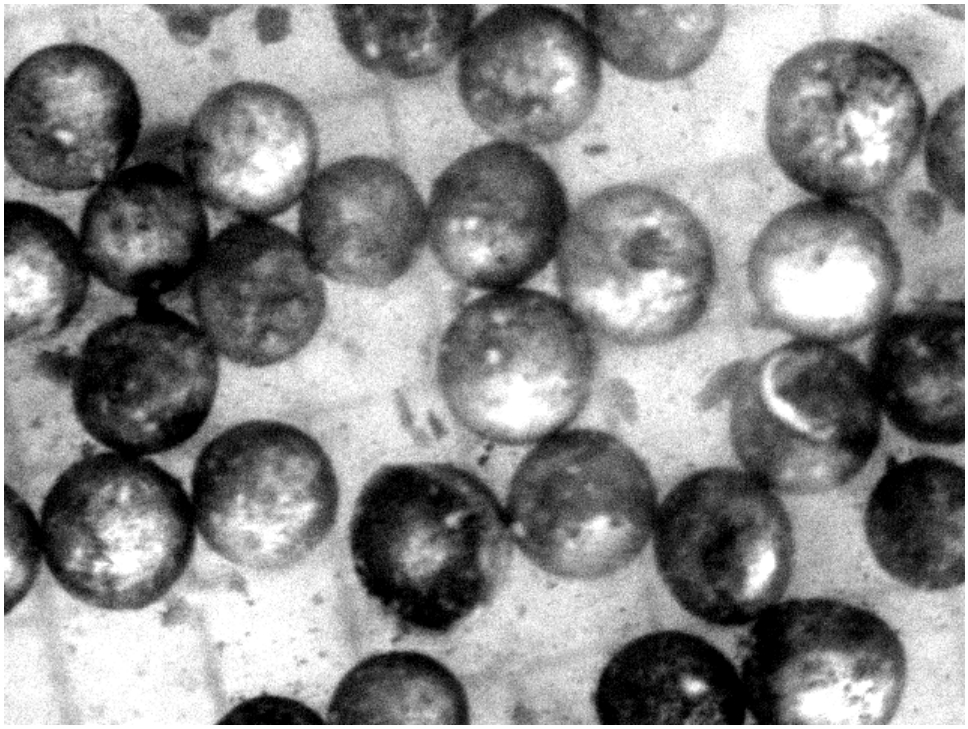




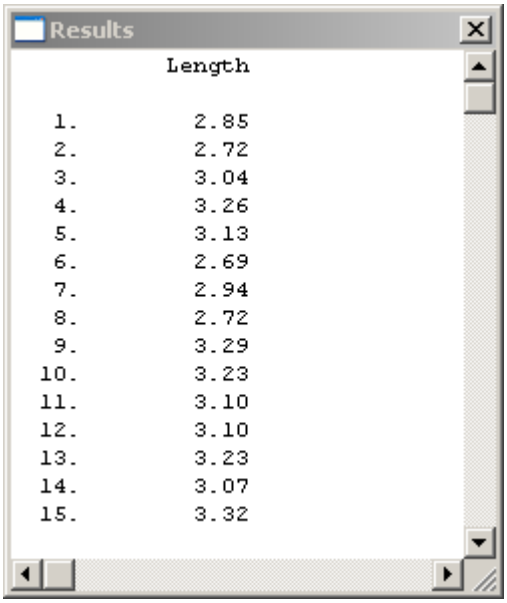

k01_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



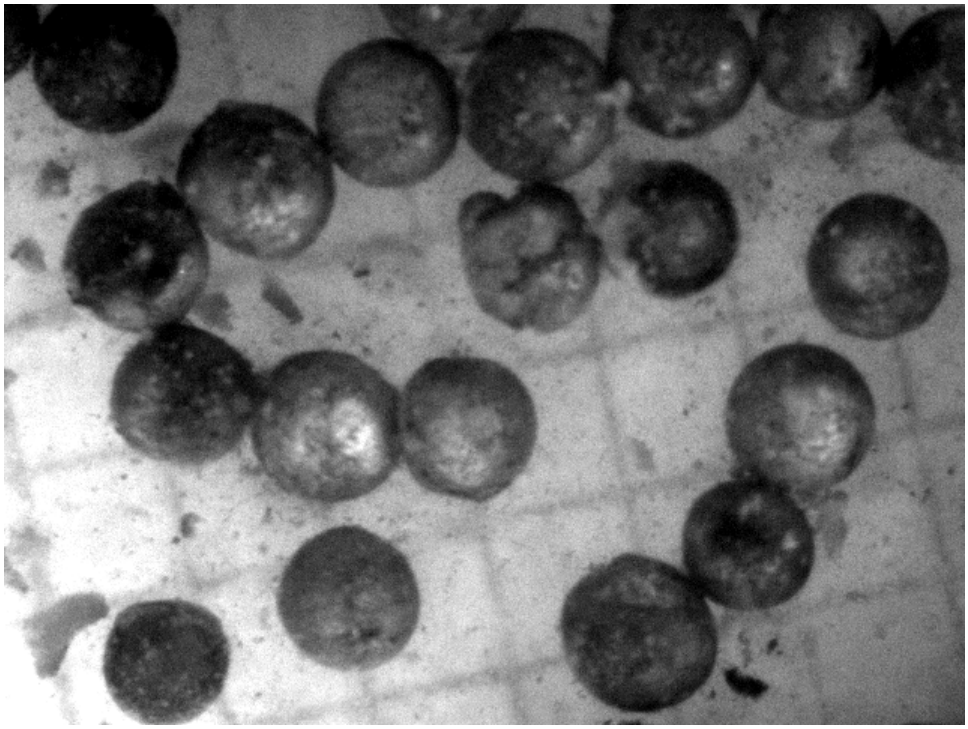
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,200	1,019	3,259
2	2,980	0,949	2,827
3	2,790	0,888	2,478
4	3,260	1,038	3,383
5	3,040	0,968	2,942
6	3,040	0,968	2,942
7	3,130	0,996	3,118
8	3,360	1,070	3,594
9	2,750	0,875	2,407
10	3,290	1,047	3,445
11	2,750	0,875	2,407
12	3,390	1,079	3,658
13	3,170	1,009	3,199
14	3,390	1,079	3,658
15	3,450	1,098	3,789



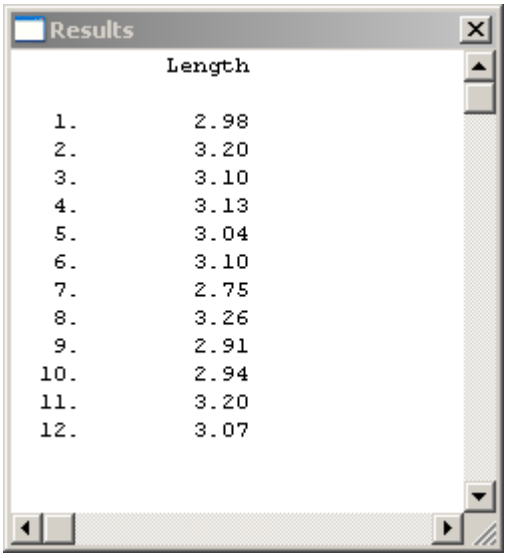

k02_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



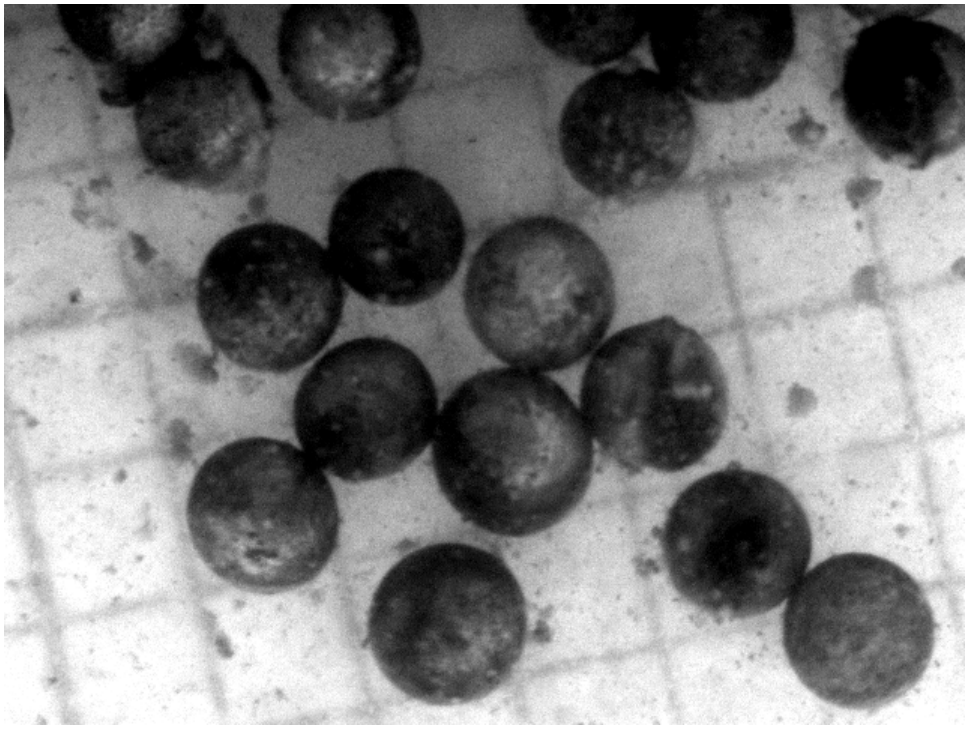
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,850	0,907	2,585
2	2,720	0,866	2,355
3	3,040	0,968	2,942
4	3,260	1,038	3,383
5	3,130	0,996	3,118
6	2,690	0,856	2,303
7	2,940	0,936	2,751
8	2,720	0,866	2,355
9	3,290	1,047	3,445
10	3,230	1,028	3,321
11	3,100	0,987	3,059
12	3,100	0,987	3,059
13	3,230	1,028	3,321
14	3,070	0,977	3,000
15	3,320	1,057	3,509



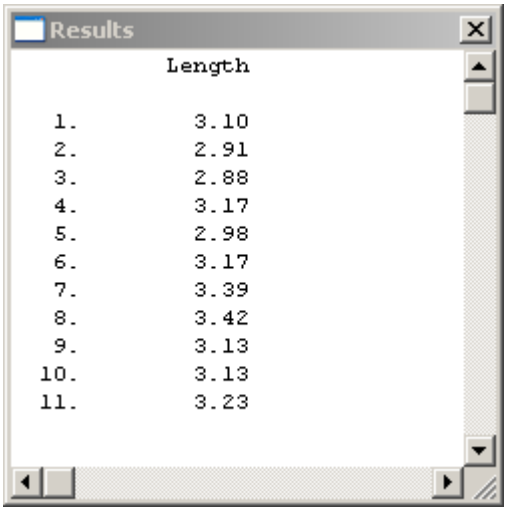

k03_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12



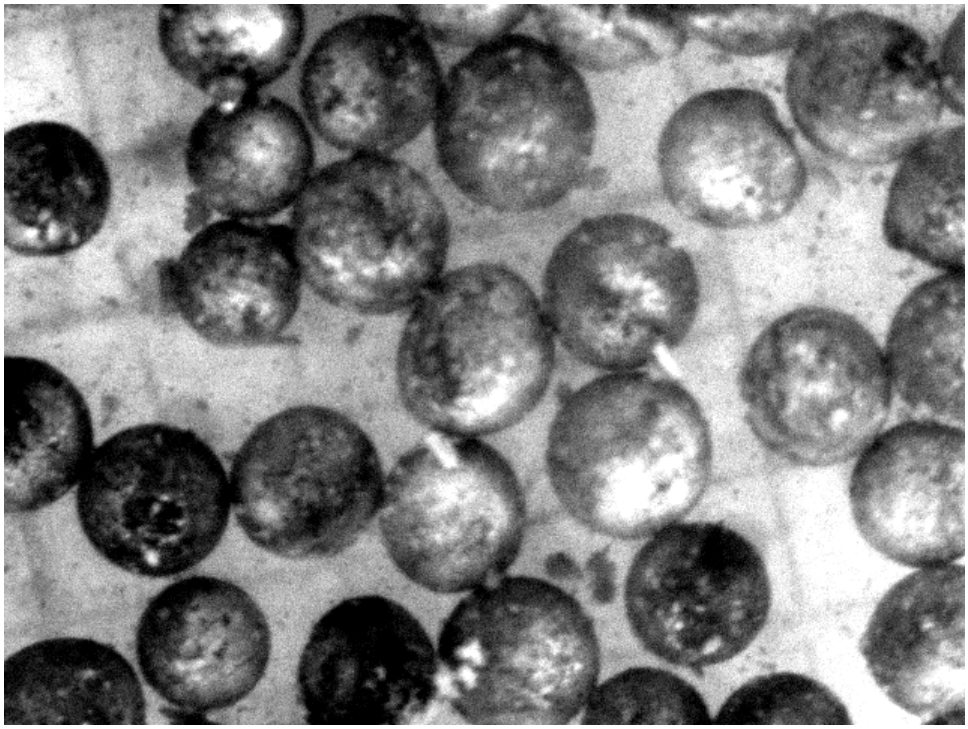
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,980	0,949	2,827
2	3,200	1,019	3,259
3	3,100	0,987	3,059
4	3,130	0,996	3,118
5	3,040	0,968	2,942
6	3,100	0,987	3,059
7	2,750	0,875	2,407
8	3,260	1,038	3,383
9	2,910	0,926	2,695
10	2,940	0,936	2,751
11	3,200	1,019	3,259
12	3,070	0,977	3,000



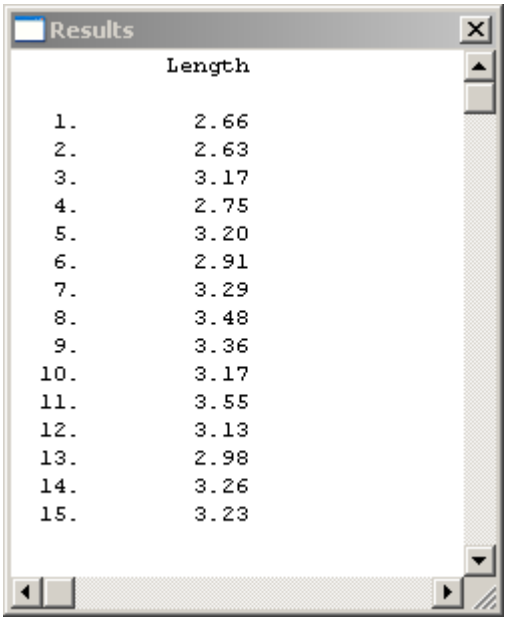

k04_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11



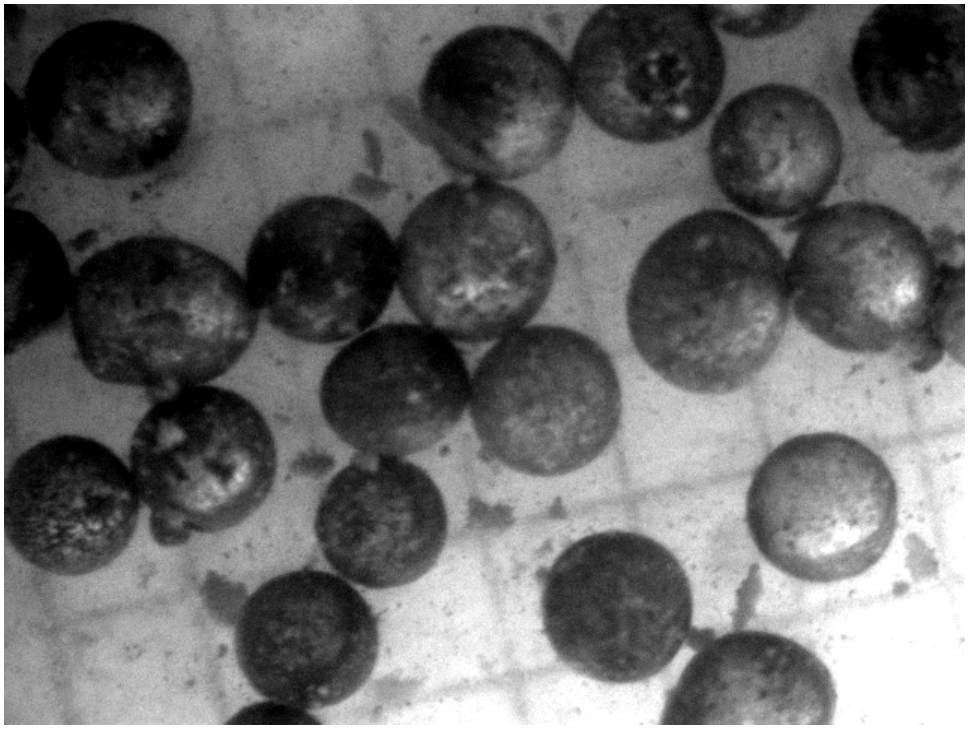
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,100	0,987	3,059
2	2,910	0,926	2,695
3	2,880	0,917	2,640
4	3,170	1,009	3,199
5	2,980	0,949	2,827
6	3,170	1,009	3,199
7	3,390	1,079	3,658
8	3,420	1,089	3,723
9	3,130	0,996	3,118
10	3,130	0,996	3,118
11	3,230	1,028	3,321

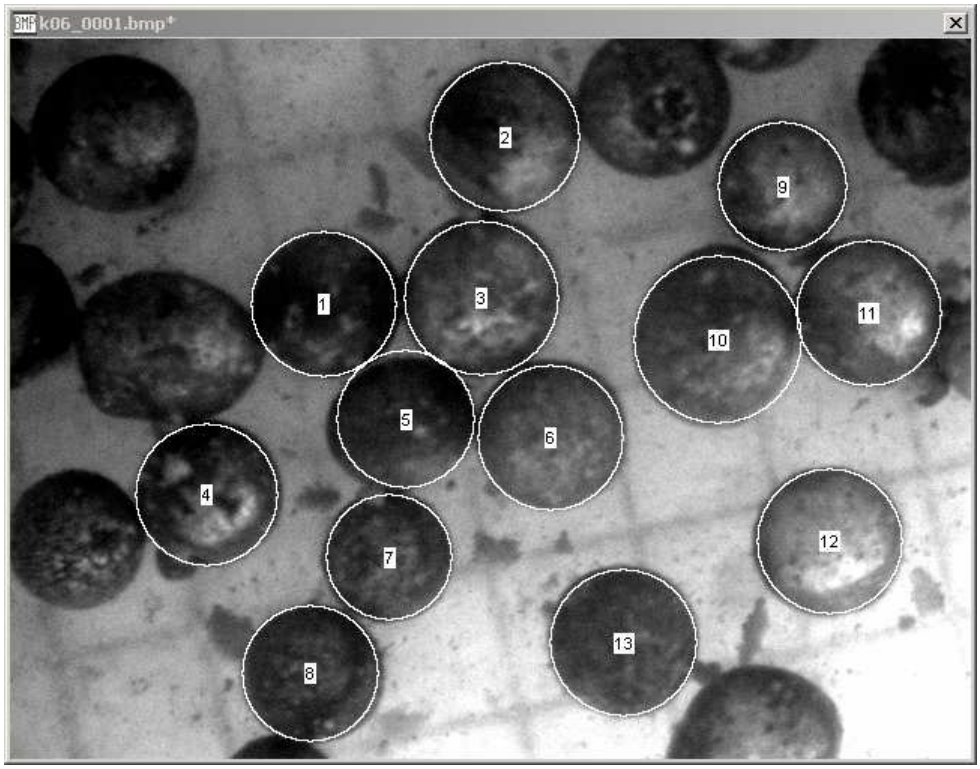


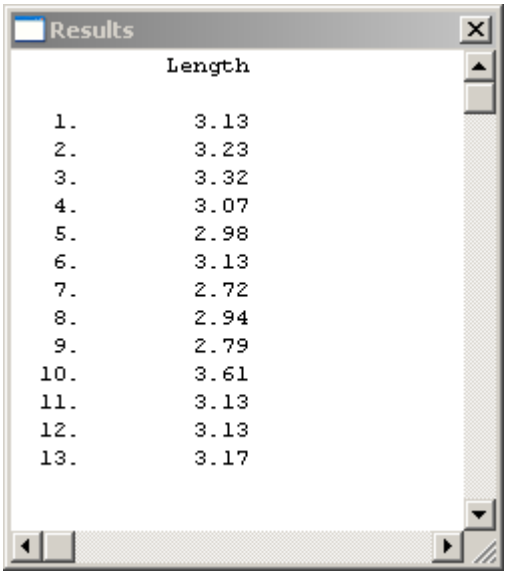

k05_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



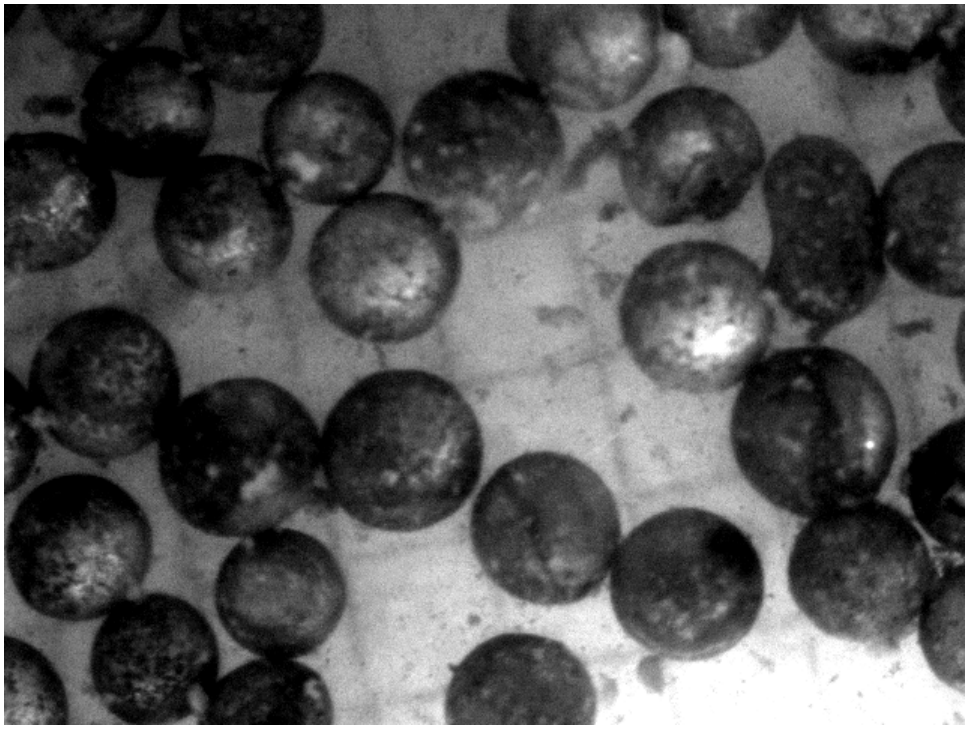
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,660	0,847	2,252
2	2,630	0,837	2,202
3	3,170	1,009	3,199
4	2,750	0,875	2,407
5	3,200	1,019	3,259
6	2,910	0,926	2,695
7	3,290	1,047	3,445
8	3,480	1,108	3,855
9	3,360	1,070	3,594
10	3,170	1,009	3,199
11	3,550	1,130	4,012
12	3,130	0,996	3,118
13	2,980	0,949	2,827
14	3,260	1,038	3,383
15	3,230	1,028	3,321



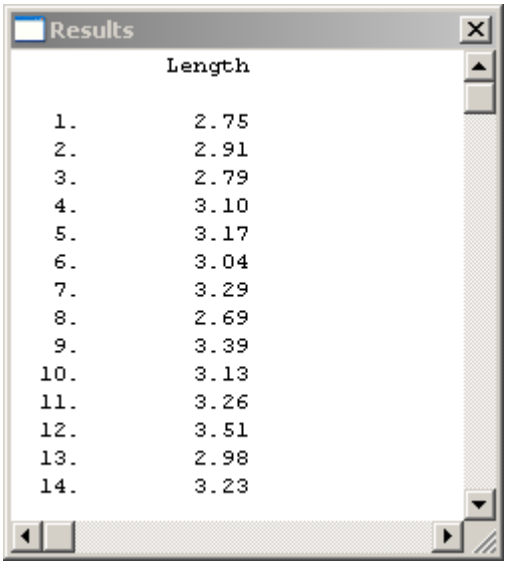

k06_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



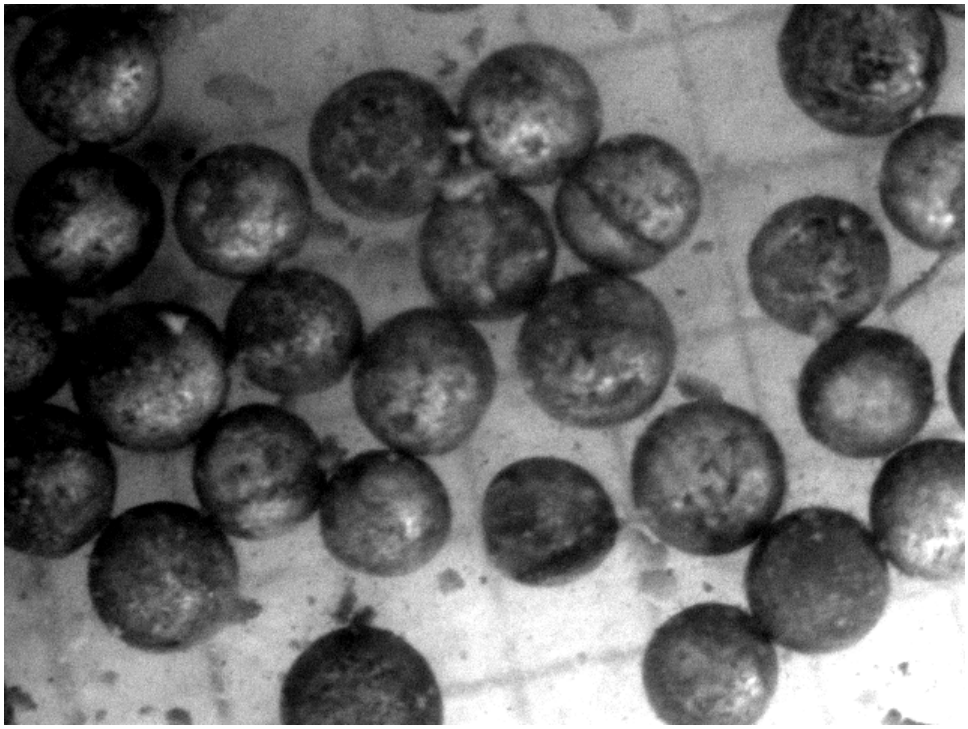
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,130	0,996	3,118
2	3,230	1,028	3,321
3	3,320	1,057	3,509
4	3,070	0,977	3,000
5	2,980	0,949	2,827
6	3,130	0,996	3,118
7	2,720	0,866	2,355
8	2,940	0,936	2,751
9	2,790	0,888	2,478
10	3,610	1,149	4,148
11	3,130	0,996	3,118
12	3,130	0,996	3,118
13	3,170	1,009	3,199



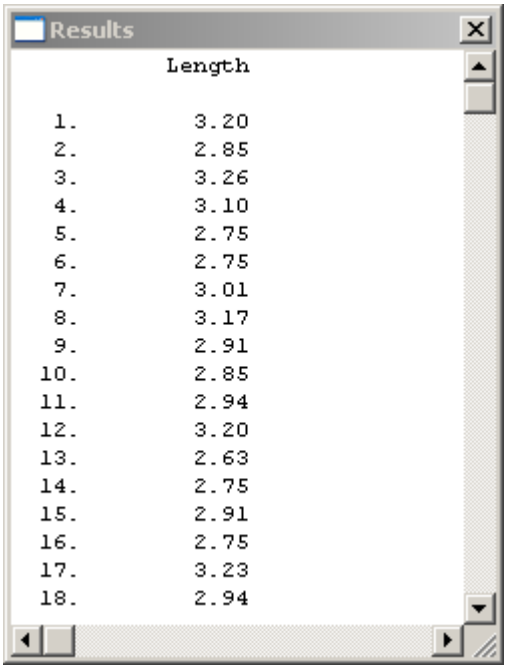

k07_0001.bmp*
1
3
2
4
11
5
12
7
9
10
6
8
14
13



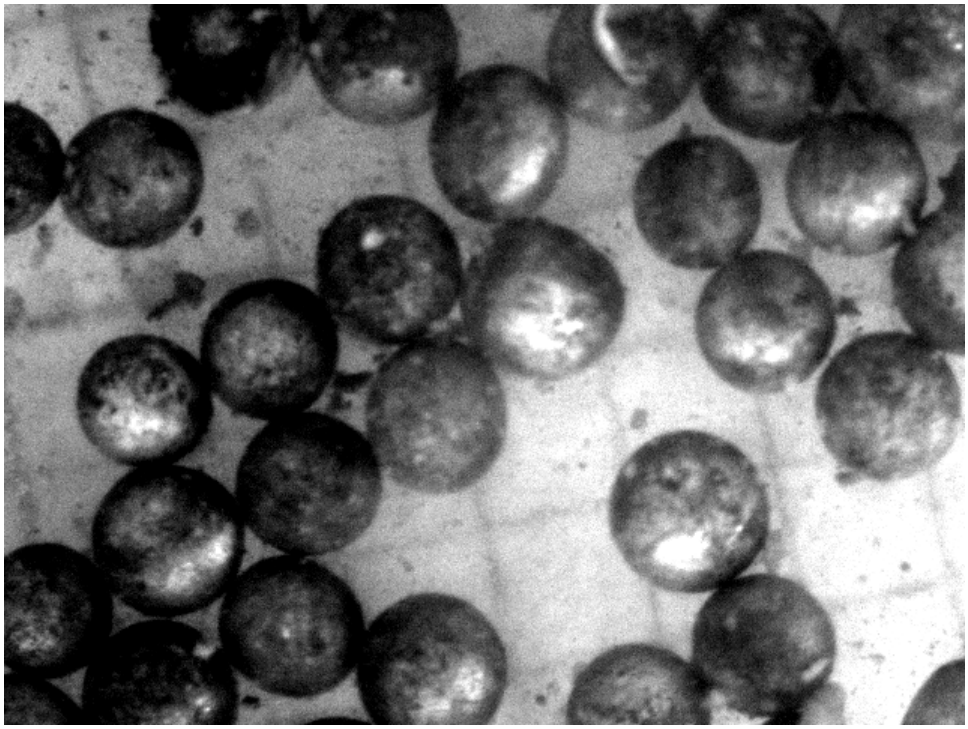
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,750	0,875	2,407
2	2,910	0,926	2,695
3	2,790	0,888	2,478
4	3,100	0,987	3,059
5	3,170	1,009	3,199
6	3,040	0,968	2,942
7	3,290	1,047	3,445
8	2,690	0,856	2,303
9	3,390	1,079	3,658
10	3,130	0,996	3,118
11	3,260	1,038	3,383
12	3,510	1,117	3,922
13	2,980	0,949	2,827
14	3,230	1,028	3,321



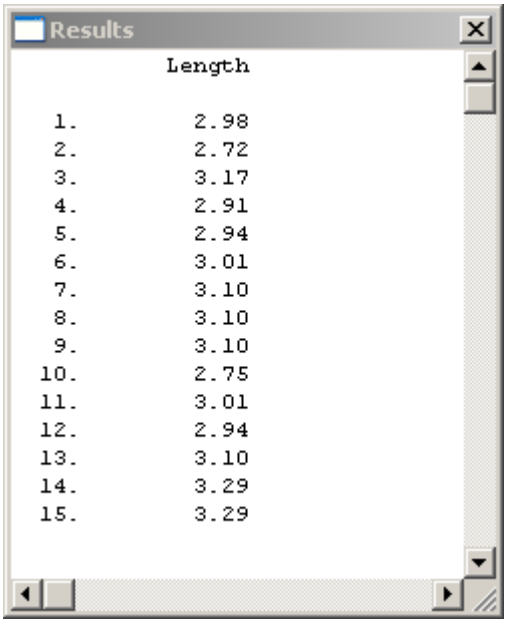

k08_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18



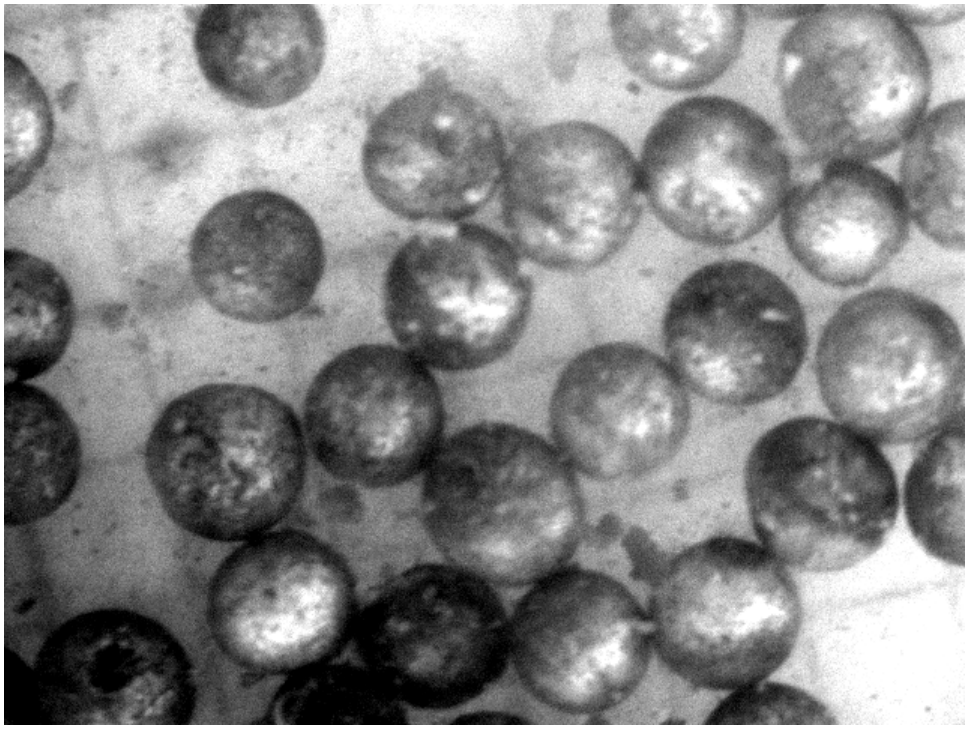
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,200	1,019	3,259
2	2,850	0,907	2,585
3	3,260	1,038	3,383
4	3,100	0,987	3,059
5	2,750	0,875	2,407
6	2,750	0,875	2,407
7	3,010	0,958	2,884
8	3,170	1,009	3,199
9	2,910	0,926	2,695
10	2,850	0,907	2,585
11	2,940	0,936	2,751
12	3,200	1,019	3,259
13	2,630	0,837	2,202
14	2,750	0,875	2,407
15	2,910	0,926	2,695
16	2,750	0,875	2,407
17	3,230	1,028	3,321
18	2,940	0,936	2,751



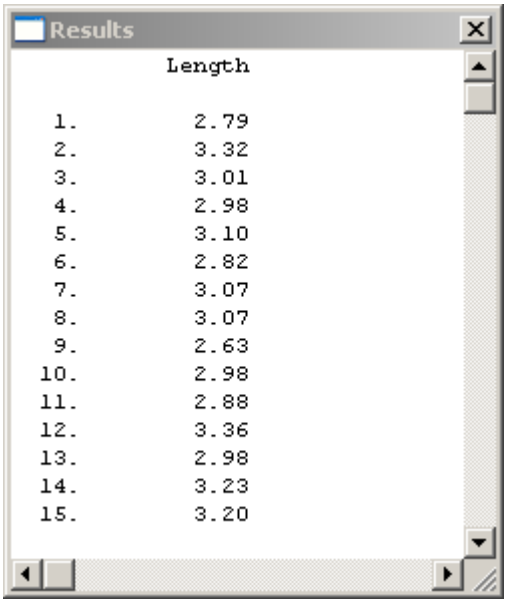

k09_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



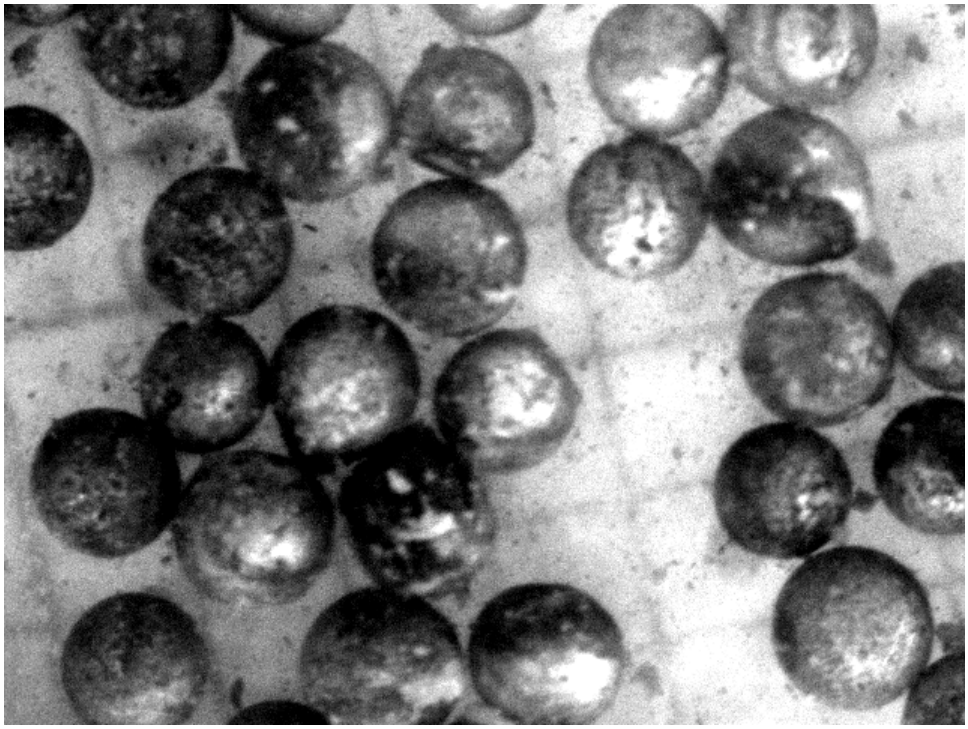
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,980	0,949	2,827
2	2,720	0,866	2,355
3	3,170	1,009	3,199
4	2,910	0,926	2,695
5	2,940	0,936	2,751
6	3,010	0,958	2,884
7	3,100	0,987	3,059
8	3,100	0,987	3,059
9	3,100	0,987	3,059
10	2,750	0,875	2,407
11	3,010	0,958	2,884
12	2,940	0,936	2,751
13	3,100	0,987	3,059
14	3,290	1,047	3,445
15	3,290	1,047	3,445



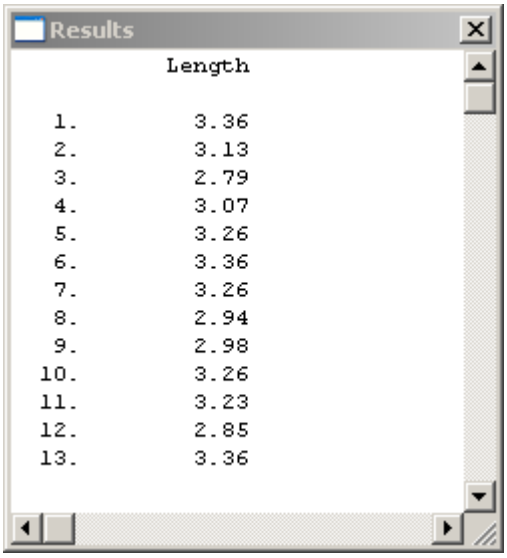

k10_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



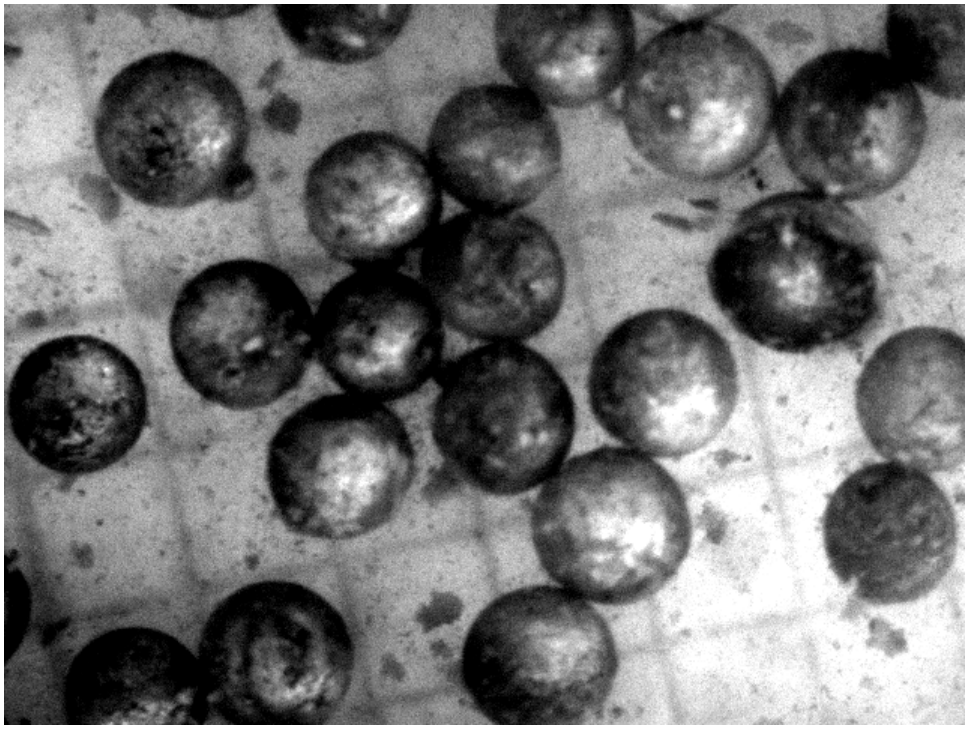
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,790	0,888	2,478
2	3,320	1,057	3,509
3	3,010	0,958	2,884
4	2,980	0,949	2,827
5	3,100	0,987	3,059
6	2,820	0,898	2,531
7	3,070	0,977	3,000
8	3,070	0,977	3,000
9	2,630	0,837	2,202
10	2,980	0,949	2,827
11	2,880	0,917	2,640
12	3,360	1,070	3,594
13	2,980	0,949	2,827
14	3,230	1,028	3,321
15	3,200	1,019	3,259



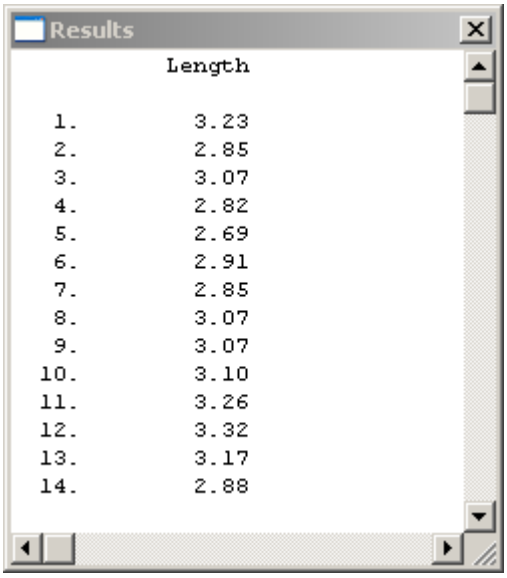

k11_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



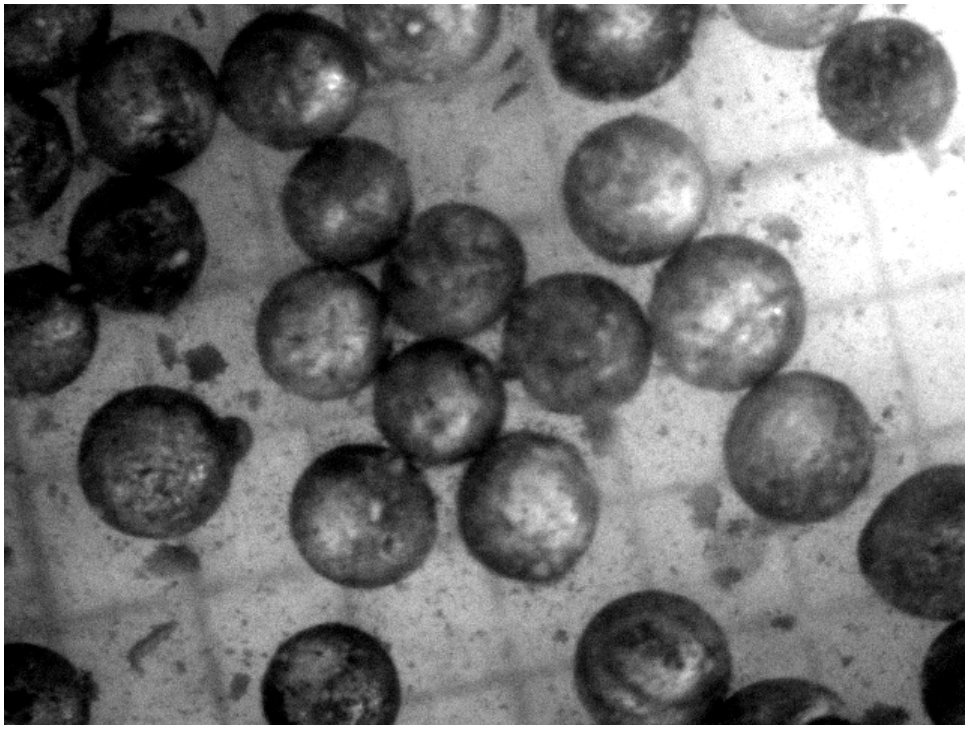
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,360	1,070	3,594
2	3,130	0,996	3,118
3	2,790	0,888	2,478
4	3,070	0,977	3,000
5	3,260	1,038	3,383
6	3,360	1,070	3,594
7	3,260	1,038	3,383
8	2,940	0,936	2,751
9	2,980	0,949	2,827
10	3,260	1,038	3,383
11	3,230	1,028	3,321
12	2,850	0,907	2,585
13	3,360	1,070	3,594



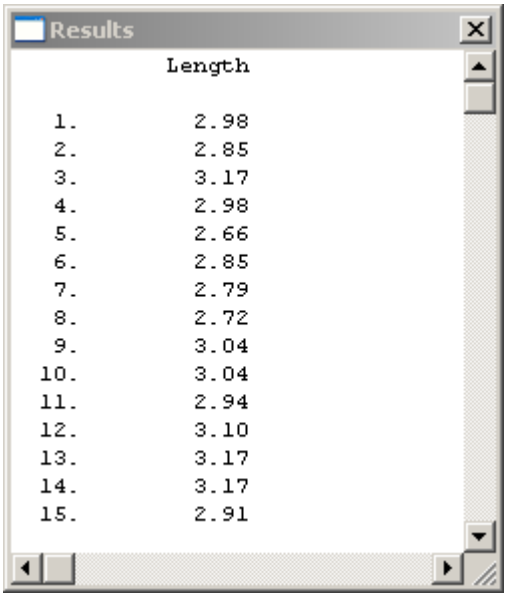

k12_0001.bmp
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



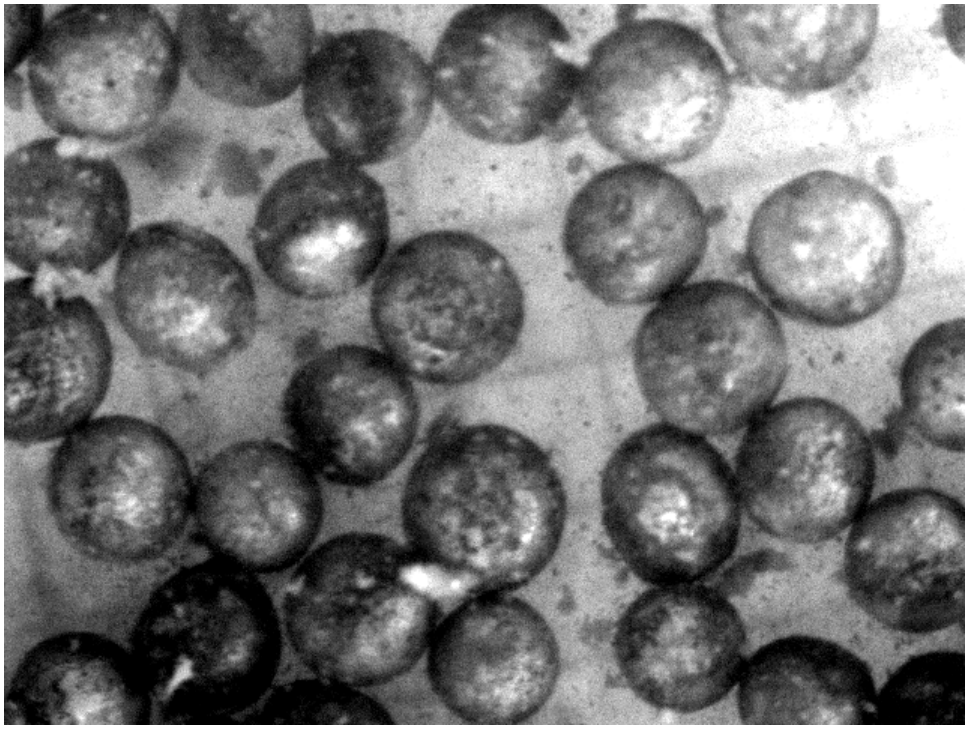
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,230	1,028	3,321
2	2,850	0,907	2,585
3	3,070	0,977	3,000
4	2,820	0,898	2,531
5	2,690	0,856	2,303
6	2,910	0,926	2,695
7	2,850	0,907	2,585
8	3,070	0,977	3,000
9	3,070	0,977	3,000
10	3,100	0,987	3,059
11	3,260	1,038	3,383
12	3,320	1,057	3,509
13	3,170	1,009	3,199
14	2,880	0,917	2,640

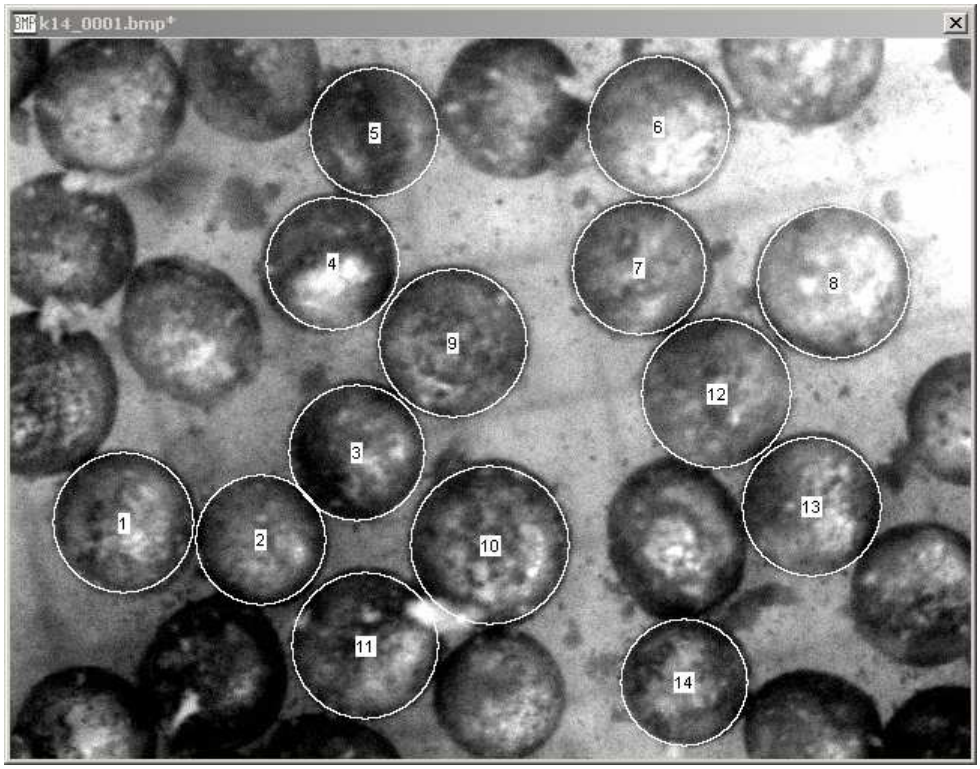


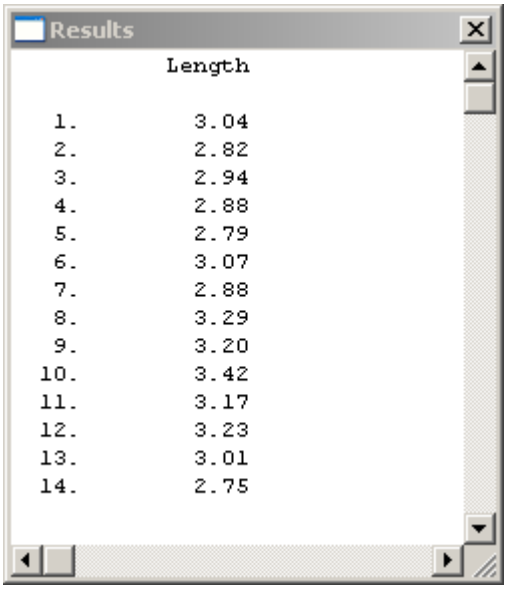

k13_0001.bmp*
1
4
15
12
5
2
7
13
6
11
8
14
3
9
10



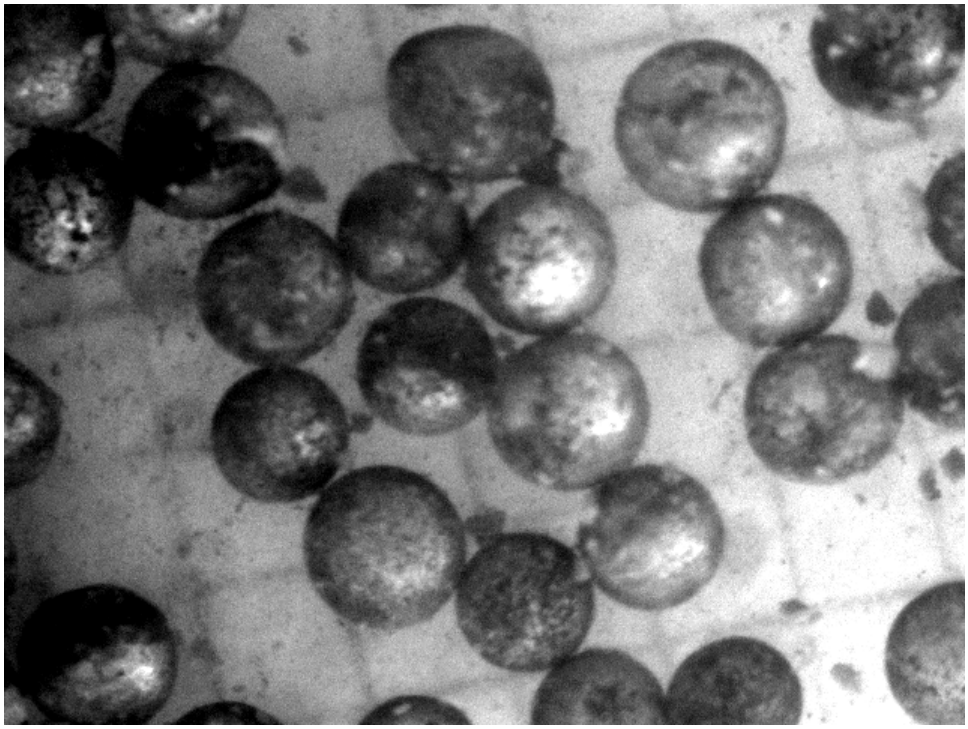
	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	2,980	0,949	2,827
2	2,850	0,907	2,585
3	3,170	1,009	3,199
4	2,980	0,949	2,827
5	2,660	0,847	2,252
6	2,850	0,907	2,585
7	2,790	0,888	2,478
8	2,720	0,866	2,355
9	3,040	0,968	2,942
10	3,040	0,968	2,942
11	2,940	0,936	2,751
12	3,100	0,987	3,059
13	3,170	1,009	3,199
14	3,170	1,009	3,199
15	2,910	0,926	2,695

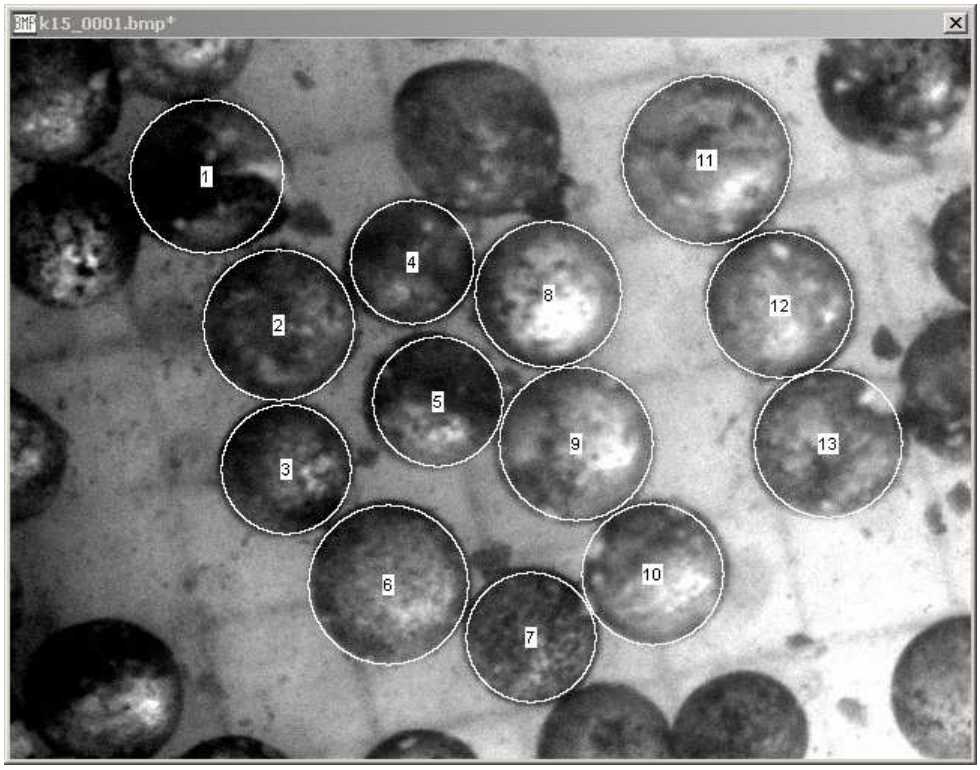


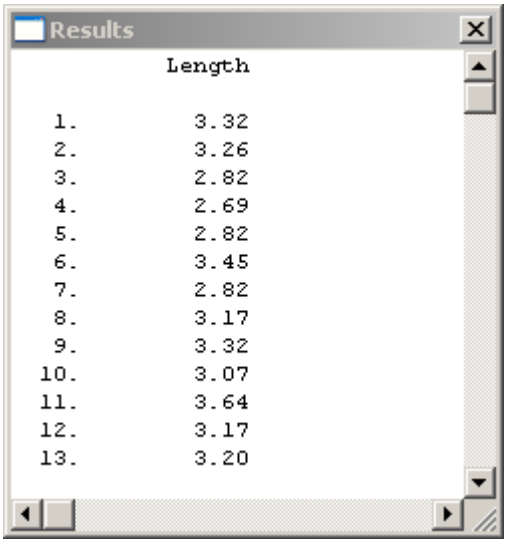

k14_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,040	0,968	2,942
2	2,820	0,898	2,531
3	2,940	0,936	2,751
4	2,880	0,917	2,640
5	2,790	0,888	2,478
6	3,070	0,977	3,000
7	2,880	0,917	2,640
8	3,290	1,047	3,445
9	3,200	1,019	3,259
10	3,420	1,089	3,723
11	3,170	1,009	3,199
12	3,230	1,028	3,321
13	3,010	0,958	2,884
14	2,750	0,875	2,407




k15_0001.bmp*
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



	Perímetro (mm)	Diâmetro (mm)	Área da Superfície (mm^2)
1	3,320	1,057	3,509
2	3,260	1,038	3,383
3	2,820	0,898	2,531
4	2,690	0,856	2,303
5	2,820	0,898	2,531
6	3,450	1,098	3,789
7	2,820	0,898	2,531
8	3,170	1,009	3,199
9	3,320	1,057	3,509
10	3,070	0,977	3,000
11	3,640	1,159	4,217
12	3,170	1,009	3,199
13	3,200	1,019	3,259

E PROGRAMAÇÃO MATLAB UTILIZADA NO TRATAMENTO DOS RESULTADOS

E.1 PROGRAMA "GRAIN"

```
function [x]=grain(d)
%calculo da média e do desvio-padrão do logaritmo dos valores
m=max(size(d));
a=lognfit(d);
b1=min(d);
b2=max(d);
c=linspace(b1,b2,50);
for i=1:50
    f(i)=exp(-(log(c(i))-a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g(i)=.5+.5*erf((log(c(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
hist(d,20)
title('Histograma dos calibres');
pause
plot(c,f)
title('Função de Distribuição log-normal ajustada');
pause
plot(c,g)
title('Função de Repartição log-normal ajustada');
pause
probplot('lognormal',d)
title('Ajuste à lei-Lognormal dos calibre medidos');
pause
media=exp(a(1)+a(2)^2/2);
mediana=exp(a(1));
moda=exp(a(1)-a(2)^2);
variac=exp(a(2)^2-1)*exp(2*a(1)+a(2)^2);
assimetria=exp(a(2)^2+2)*sqrt(exp(a(2)^2-1));
curtose=exp(4*a(2)^2)+2*exp(3*a(2)^2)+3*exp(2*a(2)^2)-6;
entropia=.5+.5*log(2*pi*a(2)^2)+a(2);
x=[a(1);a(2);media;mediana;moda;variac;assimetria;curtose;entropia]
```

E.2 PROGRAMA "TIMEVOL1"

```
function timevol1(d11,d12,d13,d14,d15)
m=max(size(d11));
a=lognfit(d11);
b1=min(d11);
b2=max(d11);
c1=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f1(i)=exp(-(log(c1(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c1(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g1(i)=.5+.5*erf((log(c1(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d12));
a=lognfit(d12);
b1=min(d12);
b2=max(d12);
c2=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f2(i)=exp(-(log(c2(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c2(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g2(i)=.5+.5*erf((log(c2(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d13));
a=lognfit(d13);
b1=min(d13);
b2=max(d13);
c3=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f3(i)=exp(-(log(c3(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c3(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g3(i)=.5+.5*erf((log(c3(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d14));
a=lognfit(d14);
b1=min(d14);
b2=max(d14);
c4=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f4(i)=exp(-(log(c4(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c4(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g4(i)=.5+.5*erf((log(c4(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d15));
a=lognfit(d15);
b1=min(d15);
b2=max(d15);
c5=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f5(i)=exp(-(log(c5(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c5(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g5(i)=.5+.5*erf((log(c5(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
plot(c1,f1,'-kd',c2,f2,'-bo',c3,f3,'-rs',c4,f4,'-g>',c5,f5,'-cp')
legend('Dia 0','Dia 3','Dia 6','Dia 8','Dia 20');
title('Evolução Temporal da Granulometria das Esferas')
xlabel('Diâmetro [mm]');
ylabel('Densidade da distribuição')
```

```
pause
plot(c1,g1,'-kd',c2,g2,'-bo',c3,g3,'-rs',c4,g4,'-g>',c5,g5,'-cp')
legend('Dia 0','Dia 3','Dia 6','Dia 8','Dia 20');
title('Evolução Temporal da Granulometria das Esferas')
xlabel('Diâmetro [mm]');
ylabel('Repartição Cumulativa da Distribuição')
)
```

E.3 PROGRAMA "TIMEVOL2"

```
function timevol2(d21,d22,d23,d24,d25,d26,d27,d28)
m=max(size(d21));
a=lognfit(d21);
b1=min(d21);
b2=max(d21);
c1=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f1(i)=exp(-(log(c1(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c1(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g1(i)=.5+.5*erf((log(c1(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d22));
a=lognfit(d22);
b1=min(d22);
b2=max(d22);
c2=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f2(i)=exp(-(log(c2(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c2(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g2(i)=.5+.5*erf((log(c2(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d23));
a=lognfit(d23);
b1=min(d23);
b2=max(d23);
c3=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f3(i)=exp(-(log(c3(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c3(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g3(i)=.5+.5*erf((log(c3(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d24));
a=lognfit(d24);
b1=min(d24);
b2=max(d24);
c4=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f4(i)=exp(-(log(c4(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c4(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g4(i)=.5+.5*erf((log(c4(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d25));
a=lognfit(d25);
b1=min(d25);
b2=max(d25);
c5=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f5(i)=exp(-(log(c5(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c5(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g5(i)=.5+.5*erf((log(c5(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d26));
a=lognfit(d26);
b1=min(d26);
b2=max(d26);
c6=linspace(b1,b2,80);
```

```
for i=1:80
    f6(i)=exp(-(log(c6(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c6(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g6(i)=.5+.5*erf((log(c6(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d27));
a=lognfit(d27);
b1=min(d27);
b2=max(d27);
c7=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f7(i)=exp(-(log(c7(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c7(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g7(i)=.5+.5*erf((log(c7(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d28));
a=lognfit(d28);
b1=min(d28);
b2=max(d28);
c8=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f8(i)=exp(-(log(c8(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c8(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g8(i)=.5+.5*erf((log(c8(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
plot(c1,f1,'-kd',c2,f2,'-bo',c3,f3,'-rs',c4,f4,'-g>',c5,f5,'-
cp',c6,f6,'-kx',c7,f7,'-b<',c8,f8,'-r+')
legend('Dia 0','Dia 3','Dia 6','Dia 8','Dia 14','Dia 17','Dia 24','Dia
27');
title('Evolução Temporal da Granulometria das Esferas')
xlabel('Diâmetro [mm]');
ylabel('Densidade da distribuição')
pause
plot(c1,g1,'-kd',c2,g2,'-bo',c3,g3,'-rs',c4,g4,'-g>',c5,g5,'-
cp',c6,g6,'-kx',c7,g7,'-b<',c8,g8,'-r+')
legend('Dia 0','Dia 3','Dia 6','Dia 8','Dia 14','Dia 17','Dia 24','Dia
27');
title('Evolução Temporal da Granulometria das Esferas')
xlabel('Diâmetro [mm]');
ylabel('Repartição Cumulativa da Distribuição')
```

E.4 PROGRAMA "TIMEVOL3"

```
function timevol3(d31,d32,d33,d34,d35,d36,d37,d38,d39,d310,d311)
m=max(size(d31));
a=lognfit(d31);
b1=min(d31);
b2=max(d31);
c1=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f1(i)=exp(-(log(c1(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c1(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g1(i)=.5+.5*erf((log(c1(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d32));
a=lognfit(d32);
b1=min(d32);
b2=max(d32);
c2=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f2(i)=exp(-(log(c2(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c2(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g2(i)=.5+.5*erf((log(c2(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d33));
a=lognfit(d33);
b1=min(d33);
b2=max(d33);
c3=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f3(i)=exp(-(log(c3(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c3(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g3(i)=.5+.5*erf((log(c3(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d34));
a=lognfit(d34);
b1=min(d34);
b2=max(d34);
c4=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f4(i)=exp(-(log(c4(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c4(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g4(i)=.5+.5*erf((log(c4(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d35));
a=lognfit(d35);
b1=min(d35);
b2=max(d35);
c5=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f5(i)=exp(-(log(c5(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c5(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g5(i)=.5+.5*erf((log(c5(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d36));
a=lognfit(d36);
b1=min(d36);
b2=max(d36);
c6=linspace(b1,b2,80);
```

```
for i=1:80
    f6(i)=exp(-(log(c6(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c6(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g6(i)=.5+.5*erf((log(c6(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d37));
a=lognfit(d37);
b1=min(d37);
b2=max(d37);
c7=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f7(i)=exp(-(log(c7(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c7(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g7(i)=.5+.5*erf((log(c7(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d38));
a=lognfit(d38);
b1=min(d38);
b2=max(d38);
c8=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f8(i)=exp(-(log(c8(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c8(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g8(i)=.5+.5*erf((log(c8(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d39));
a=lognfit(d39);
b1=min(d39);
b2=max(d39);
c9=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f9(i)=exp(-(log(c9(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c9(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g9(i)=.5+.5*erf((log(c9(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d310));
a=lognfit(d310);
b1=min(d310);
b2=max(d310);
c10=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f10(i)=exp(-(log(c10(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c10(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g10(i)=.5+.5*erf((log(c10(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
m=max(size(d311));
a=lognfit(d311);
b1=min(d311);
b2=max(d311);
c11=linspace(b1,b2,80);
for i=1:80
    f11(i)=exp(-(log(c11(i))-
a(1))^2/(2*a(2)^2)/(c11(i)*a(2)*sqrt(2*pi)));
    g11(i)=.5+.5*erf((log(c11(i))-a(1))/(a(2)*sqrt(2)));
end
plot(c1,f1,'-kd',c2,f2,'-bo',c3,f3,'-rs',c4,f4,'-g>',c5,f5,'-
cp',c6,f6,'-kx',c7,f7,'-b<',c8,f8,'-r+',c9,f9,'-gx',c10,f10,'-
c<',c11,f11,'-k+')
legend('Dia 0','Dia 3','Dia 6','Dia 8','Dia 14','Dia 17','Dia 24','Dia
27','Dia 30','Dia 31', 'Dia 36');
title('Evolução Temporal da Granulometria das Esferas')
```

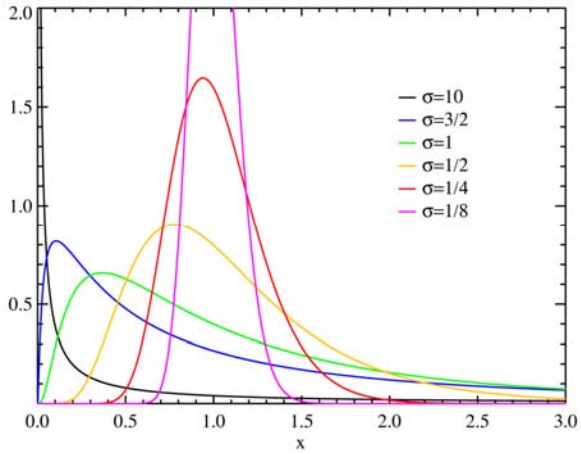
```
xlabel('Diâmetro [mm]');
ylabel('Densidade da distribuição')
pause
plot(c1,g1,'-kd',c2,g2,'-bo',c3,g3,'-rs',c4,g4,'-g>',c5,g5,'-
cp',c6,g6,'-kx',c7,g7,'-b<',c8,g8,'-r+',c9,g9,'-gx',c10,g10,'-
c<',c11,g11,'-k+')
legend('Dia 0','Dia 3','Dia 6','Dia 8','Dia 14','Dia 17','Dia 24','Dia
27','Dia 30','Dia 31', 'Dia 36');
title('Evolução Temporal da Granulometria das Esferas')
xlabel('Diâmetro [mm]');
ylabel('Repartição Cumulativa da Distribuição')
```

F CARACTERÍSTICAS DA DISTRIBUIÇÃO LOGNORMAL

A função densidade de probabilidade de uma distribuição log-normal é dada por

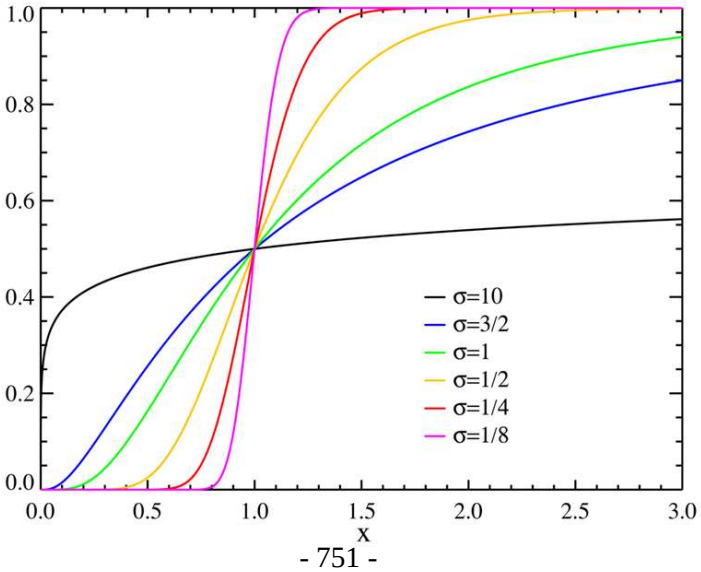
$$f(x;\mu;\sigma) = \frac{e^{-(\ln x-\mu)^2/(2\sigma^2)}}{x\sigma\sqrt{2\pi}}$$

Para x > 0, sendo μ e σ a média e o desvio padrão do logaritmo das variáveis (por definição o logaritmo das variáveis obedece a uma distribuição normal)



A função de repartição é

$$F(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} erf\left[\frac{\ln(x)-\mu}{\sigma\sqrt{2}}\right]$$



Média	$e^{\mu+\sigma^2/2}$
Mediana	e^{μ}
Moda	$e^{\mu-\sigma^2}$
Variância	$\left(e^{\sigma^2}-1\right)e^{2\mu+\sigma^2}$
Assimetria	$\left(e^{\sigma^2}+2\right)\sqrt{e^{\sigma^2}-1}$
Curtose	$e^{4\sigma^2}+2.e^{3\sigma^2}+3.e^{2\sigma^2}-6$
Entropia	$\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\ln\left(2\pi\sigma^2\right)+\mu$

Contudo se apenas conhecermos a média e a variância aritmética então μ e σ^2 podem ser estimados pela seguinte equação

$$\mu=\ln\left[\frac{\bar{x}}{\sqrt{1+\left(\frac{s}{\bar{x}}\right)^2}}\right] \quad \therefore \quad \sigma^2=\ln\left[1+\left(\frac{s}{\bar{x}}\right)^2\right]$$

sendo $\bar{x}$ a média aritmética da distribuição e s o desvio padrão da distribuição.