



MESTRADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

RISCO DE EXPOSIÇÃO A AGENTES BIOLÓGICOS NA ATIVIDADE DA GESTÃO DE RESÍDUOS - TRATAMENTO MECÂNICO E BIOLÓGICO (TMB)

Ana Maria Carita Félix Neves

Orientador: Professora Doutora Jaqueline Castelo Branco da Silva - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Coorientador: Professor Doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Arguente: Professora Doutora Susana Sousa – Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial

Presidente do Júri: Professor Doutor Mário Augusto Pires Vaz – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

2020



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt

ISN: 3599*654



Telephone: +351 22 508 14 00



Fax: +351 22 508 14 40



URL: <http://www.fe.up.pt>



Correio Eletrónico: feup@fe.up.pt

AGRADECIMENTOS

Os meus sinceros agradecimentos à Professora Jacqueline Castelo Branco, pela orientação e disponibilidade incansável, demonstradas ao longo dos meses de concretização deste trabalho.

Ao meu marido, pela força e motivação demonstradas.

À empresa Suldouro pela disponibilidade e possibilidade de acesso à informação.

DESTAQUES

1. Bioaerossóis nas atividades de gestão de resíduos;
2. Doenças associadas a bioaerossóis nas atividades de gestão de resíduos;
3. Medição ambiental de agentes biológicos na atividade de gestão de resíduos;
4. Avaliação de risco para exposição a agentes biológicos, nas atividades de gestão de resíduos – TMB.
5. Seleção de aparelhos de proteção respiratória.

HIGHLIGHTS

1. Bioaerosols in waste management facilities.
2. Bioaerosols associated diseases in waste management facilities.
3. Biological agents measurement in waste management facilities.
4. Risk assessment for biological agents in waste management facilities – MBT.
5. Respiratory protection devices selection.

RESUMO

Introdução: As 23 entidades gestoras de resíduos urbanos em alta existentes em Portugal, empregam 4178 trabalhadores, que processam 5.2 milhões de tonelada/ ano de RU, sendo que 36% são tratados em TMB.

A gestão de resíduos urbanos é uma atividade sujeita à exposição de agentes biológicos com riscos para saúde e com implicações clínicas principalmente no sistema respiratório dos trabalhadores.

Objetivos: Sendo que a prevenção dos riscos ocupacionais assenta numa correta e permanente avaliação de riscos, o objetivo principal consistiu na avaliação de risco biológico na atividade de gestão de resíduos urbanos, particularmente no processo do tratamento mecânico biológico.

Metodologia: Como base nos relatórios de medição ambiental de agentes biológicos obtidos no processo de tratamento mecânico e biológico da Suldouro, foi efetuada a avaliação de riscos segundo os métodos DGS, IRSST, NTP 833 e MIAR^{Biowaste}, considerando as classificações dos microrganismos segundo os critérios de Portugal, Canadá e Alemanha e a respetiva comparação de resultados, de forma a ser verificado qual dos métodos se mostrou mais adequado para aplicação neste tipo de processo produtivo.

Os métodos DGS e NTP 833 foram selecionados por tratar-se de metodologias oficiais em Portugal e Espanha, respetivamente. O método IRSST foi encontrado durante a pesquisa bibliográfica. O método MIAR^{Biowaste} foi readaptado do método MIAR, desenvolvido com os contributos da FEUP.

Resultados: A classificação dos microrganismos pelo Canadá e Alemanha é semelhante, portanto, os resultados obtidos nas quatro metodologias utilizadas são sempre equiparáveis. Pelo facto de Portugal ter uma classificação deficitária, o nível de risco, após o processo de avaliação, é sempre diminuído.

Os métodos que apresentam menor discrepância nos resultados obtidos, apesar das diferentes classificações dos microrganismos nos três países envolvidos, foram o IRSST e o MIAR^{Biowaste}. Esta situação é motivada pela correta descrição dos parâmetros de avaliação das metodologias que reduz a subjetividade do avaliador.

Conclusões: Concluiu-se que os métodos IRSST e MIAR^{Biowaste} foram considerados elegíveis como metodologias de avaliação de risco no setor da gestão de resíduos, onde a exposição é maioritariamente provocada por bioaerossóis.

Confirma-se a necessidade de definir a composição biológica do local antes de proceder à avaliação de risco.

Constata-se a inexistência de classificações padronizadas dos microrganismos, cuja diferenças influenciam qualquer método de avaliação de risco.

Este trabalho seria enriquecido se fosse efetuada uma medição ambiental de agentes biológicos, sazonal (verão/ inverno), nas várias unidades de TMB, durante pelo menos 5 anos, de forma a criar um histórico que permita a avaliação de risco.

Palavras chave – Agentes Biológicos, Bioaerossóis, Avaliação de Risco, Tratamento mecânico e biológico, Gestão de Resíduos

ABSTRACT

Introduction: The 23 urban waste management facilities in Portugal, employs 4178 workers and processes 5.2 million ton/ year of urban waste, 36% of which are treated in MBT.

The waste management is an identified activity in which workers are exposed to biological agents with risks to their health, mainly in the respiratory system.

Objective: The prevention of professional risks is based on a correct and permanent risk assessment. Therefore, the main purpose was to select the appropriate risk assessment methodology for waste processing facilities with mechanical biological treatment.

The DGS and NTP 833 methods were selected because they are official methodologies in Portugal and Spain. The IRSST method was found during the literature research. The MIAR^{Biowaste} method was adapted from the MIAR method, originally developed from FEUP.

Methodology: Based on the reports of sampling for biological agents obtained in the mechanical biological treatment of Suldouro, the risk assessment was carried out according to the DGS, IRSST, NTP 833 and MIAR^{Biowaste} methodology, considering the classifications of the microorganisms according to Portugal, Canada and Germany specification.

Results: The classification of microorganisms by Canada and Germany is similar, therefore, the results obtained in the four used methodologies match each other. Due to the fact that Portugal has a deficient classification the risk level obtained is always reduced.

The methodology with less discrepancy in the result obtained, despite the different classifications of microorganisms in the three countries involved, were the IRSST and MIAR^{Biowaste}. This condition is motivated by correct delimitation of the evaluation parameters of the methodologies that reduces the subjectivity of the evaluator.

Conclusions: Therefore, the IRSST and MIAR^{Biowaste} methods were considered eligible as risk assessment methodologies in waste processing facilities, in which the exposure is mostly caused by bioaerosols.

It's important to define the biological composition of the site just before carrying out the risk assessment

The lack of standardized classifications of microorganisms, influences any risk assessment method.

This work would be enriched if a seasonal environmental measurement of biological agents (summer / winter) was carried out in the various MBT facilities, for at least 5 years, to create an historic that allows the risk assessment.

Keywords: Biologic agents, Bioaerosols, Risk assessment, mechanical biological treatment, Waste management

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	3
2	FUNDAMENTAÇÃO DO TRABALHO	6
2.1	Apresentação da Suldouro	6
2.1.1	Descrição sumária da atividade operacional	6
2.1.2	Descrição das infraestruturas da Suldouro em Sermonde	7
2.1.3	Princípio do TMB.....	8
2.1.4	Justificação pela opção da tecnologia TMB.....	8
2.1.5	PERSU 2020+	9
2.2	Conceitos básicos de ordem tecnológica	9
2.2.1	Agentes Biológicos	9
2.2.2	Bioaerossóis	13
2.2.3	Vias de transmissão da infeção	14
2.2.4	Portas de entrada no organismo	15
2.2.5	Transmissibilidade, infetividade, patogenicidade e virulência do agente biológico	15
2.2.6	Classificação dos Agentes Biológicos.....	16
2.2.7	Valores limite de exposição a Agentes Biológicos	16
2.2.8	Avaliação de Riscos de Agentes Biológicos	17
2.2.9	Medição Ambiental de Agentes Biológicos.....	18
2.2.10	Critérios de Conformidade para a contaminação do ar interior por microrganismos 20	
2.2.11	Agentes biológicos nas atividades de gestão de resíduos	21
2.2.12	Doenças associadas à exposição do risco biológico na indústria dos resíduos.....	23
2.2.13	Doenças Profissionais	24
2.2.14	Gestão do Risco Profissional.....	26
2.3	Enquadramento Legal e Normativo.....	28
2.3.1	Enquadramento Legal	28
2.3.2	Enquadramento Normativo	29
2.4	Conhecimento Científico.....	30
2.4.1	Estratégia de Pesquisa utilizada	30
2.5	Objetivos da Dissertação	36

3	MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1	Metodologias de Avaliação de Risco	37
3.2	Descrição do processo TMB	39
3.2.1	Tratamento Mecânico	39
3.2.2	Tratamento Biológico	41
3.3	Desenvolvimento da matriz de Avaliação de Risco	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1	Método DGS.....	51
4.2	Método IRSST.....	55
4.3	Método NTP 833	59
4.4	Método MIAR ^{Biowaste}	65
4.5	Comparação entre métodos	69
4.6	Seleção dos aparelhos de proteção respiratórios	71
5	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	75
5.1	Conclusões.....	75
5.2	Limitações e vieses.....	76
5.3	Perspetivas Futuras.....	77
6	BIBLIOGRAFIA.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Área geográfica da Suldouro (Suldouro, 2018).....	6
Figura 2 - Cadeia de valor de negócio do Tratamento e Valorização dos Resíduos (Suldouro, 2018)	7
Figura 3 - Configuração de um Processo TBM (Costa, 2010).....	8
Figura 4 - Penetração das partículas no sistema respiratório	14
Figura 5 – Esquema de medição ambiental por Impactação	19
Figura 6 - Equipamento de Medição ambiental por Impactação (Merck MAS-100)	19
Figura 7 - Equipamento de medição ambiental por Filtração (AirPort Sartorius).....	19
Figura 8 - Equipamento de medição ambiental por Impingers	20
Figura 9 - Gestão de Risco, de acordo com a ISO 31000:2018 (ISO, 2018)	26
Figura 10 - Enquadramento Legal e Normativo.....	29
Figura 11 - Diagrama da metodologia PRISMA aplicado à revisão sistemática da literatura.....	32
Figura 12 - Receção resíduos TMB.....	39
Figura 13 - Cabine de Pré Triagem	39
Figura 14 – Trommel.....	40
Figura 15 - Separador Balístico.....	40
Figura 16 - Esquema do Tratamento Mecânico do TMB (Suldouro, 2016)	41
Figura 17 - Esquema do Tratamento Biológico (Suldouro, 2011).....	41
Figura 18 - Pulpers	42
Figura 19 - Buffers	42
Figura 20 - Sala dos Espessadores	42
Figura 21 - Esquema dos digestores(Suldouro, 2011)	43
Figura 22 - Prensa de desidratação.....	43
Figura 23 - Túneis de pré compostagem	43
Figura 24 - Compostagem	43
Figura 25 - Matriz Avaliação de Risco - Identificação do Perigo.....	44
Figura 26 - Matriz de Avaliação de Risco - Implicações Clínicas.....	45
Figura 27 - Matriz de Avaliação de Risco - Classificação dos Microrganismos	45
Figura 28 - Análise e Avaliação de Risco	46
Figura 29 - Método DGS (classificação Portugal).....	52

Figura 30 - Método DGS (classificação Canadá)	52
Figura 31 - Método DGS (classificação Alemanha).....	52
Figura 32 - Método DGS - Número de microrganismos vs Nível de Risco	52
Figura 33 - Método IRSST (classificação Portugal).....	55
Figura 34 Método IRSST (classificação Canadá).....	55
Figura 35 - Método IRSST (classificação Alemanha).....	55
Figura 36 - Método IRSST - Número de microrganismos vs Nível de Risco	56
Figura 37 - Método NTP 833 (classificação Portugal)	59
Figura 38 - Método NTP 833 (classificação Canadá).....	59
Figura 39 - Método NTP 833 (classificação Alemanha)	59
Figura 40 - Método NTP 833 - Número de microrganismos vs Nível de Risco.....	60
Figura 41 - Método NTP 833 - infecciosos - Número de microrganismos vs Nível de Risco	63
Figura 42 - Método NTP 833 - não infecciosos - Número de microrganismos vs Nível de Risco	63
Figura 43 - Método NTP 833 - infecciosos (classificação Portugal).....	64
Figura 44 - Método NTP 833 - infecciosos (classificação Canadá)	64
Figura 45 - Método NTP 833 - infecciosos (classificação Alemanha).....	64
Figura 46 - Método NTP 833 - não infecciosos (classificação Portugal).....	64
Figura 47 - Método NTP 833 - não infecciosos (classificação Canadá)	64
Figura 48 - Método NTP 833 - não infecciosos (classificação Alemanha).....	64
Figura 49 - Método MIAR ^{Biowaste} (classificação Portugal)	65
Figura 50 - Método MIAR ^{Biowaste} (classificação Canadá).....	65
Figura 51 - Método MIAR ^{Biowaste} (classificação Alemanha).....	65
Figura 52 - Método MIAR ^{Biowaste} - Número de microrganismos vs Nível de Risco.....	66
Figura 53 - Nível de risco TBM (comparação entre métodos)	69
Figura 54 - Cálculo para a determinação APR	72

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Indicadores Demográficos da Suldouro	6
Tabela 2 - Classificação dos Agentes Biológicos, de acordo com o Decreto-Lei n.º 84/1997	16
Tabela 3 - Condições de referência para os poluentes microbiológicos, de acordo com a portaria n.º 353-A/2013	20
Tabela 4 - Condições específicas para a verificação de conformidade de fungos, de acordo com a Portaria 353-A/2013	21
Tabela 5 – Agentes biológicos infecciosos identificados na gestão de resíduos (EU-OSHA, 2017)	21
Tabela 6 – Agentes biológicos alergénicos e tóxicos identificados na gestão de resíduos (EU-OSHA, 2017).....	22
Tabela 7 - Principais espécies de fungos com a identificação das propriedades tóxicas(Schlosser et al., 2020).....	23
Tabela 8 - Lista de Doença Profissionais reconhecidas provocadas por doenças infecciosas e parasitárias.....	25
Tabela 9 - Resumo da pesquisa bibliográfica com base na metodologia PRISMA.....	31
Tabela 10 - Síntese dos artigos selecionados na revisão bibliográfica	33
Tabela 11 - Características das Metodologias de Avaliação de Risco Biológico	38
Tabela 12 - Resultados obtidos pelo método DGS	51
Tabela 13 - Média de risco para cada subprocesso do TMB, pelo método DGS.....	53
Tabela 14 - Resultados obtidos pelo método IRSST.....	55
Tabela 15 - Média de risco para cada subprocesso do TMB, pelo método IRSST.....	57
Tabela 16 - Resultados obtidos pelo método NTP 833	59
Tabela 17 - Média de risco para cada subprocesso do TMB, pelo método NTP 833	61
Tabela 18 - Resultados obtidos pelo método MIAR ^{Biowaste}	65
Tabela 19 - Média de risco para cada subprocesso do TMB, pelo método MIAR ^{Biowaste}	67
Tabela 20 - Distribuição da percentagem do nível de risco obtido	71
Tabela 21 - Seleção de aparelhos de proteção respiratória	72
Tabela 22 - Comparação da revisão bibliográfica.....	3
Tabela 23 - Informação da revisão bibliográfica para análise de risco	15
Tabela 24 - Estimativa do risco biológico (DGS, 2013).....	24
Tabela 25 - Prioridades na gestão do risco (DGS, 2013).....	24
Tabela 26 - Estimativa do Risco Biológico (Lavoie et al., 2013) (Cheneval et al., 2015).....	25

Tabela 27 - Control level bands do método IRSST (Lavoie et al., 2013) (Cheneval et al., 2015)	25
Tabela 28 - Generation rate bands do método IRSST (Lavoie et al., 2013) (Cheneval et al., 2015)	25
Tabela 29 – Nível de Exposição do Método IRSST (Lavoie et al., 2013)	26
Tabela 30 - Selecionar o adequado de acordo com OHSA 3352-02 (OSHA, 2009)	26
Tabela 31 - Níveis de exposição, de acordo com método NTP 833	27
Tabela 32 - Níveis de risco potencial para agentes biológicos infecciosos, de acordo NTP 833	27
Tabela 33 - Níveis de risco potencial para agentes biológicos não infecciosos, de acordo NTP 833	27
Tabela 34 - Medidas Preventivas, de acordo com a NTP 833	28
Tabela 35 - Nível de gravidade (G) de acordo com o método MIAR ^(biowaste)	30
Tabela 36 - Nível da extensão do impacte (EI) de acordo com o método MIAR ^(biowaste)	30
Tabela 37 - Nível de frequência (F) de acordo com o método MIAR ^(biowaste)	31
Tabela 38 - Nível do Desempenho dos sistemas de prevenção e controlo de acordo com o método MIAR ^(biowaste)	31
Tabela 39 - Nível de Risco	31
Tabela 40 - Custos e complexidade técnica das medidas prevenção	31
Tabela 41 - Nível de priorização para o tratamento do risco	32

GLOSSÁRIO/SIGLAS/ABREVIATURAS

ACT – Autoridade para as Condições de Trabalho

APF – Assigned Protection Factors

APR – Aparelho de Proteção Respiratória

DGS – Direção Geral de Saúde

DPRP – Departamento de Proteção contra os Riscos Profissionais

EPI – Equipamento de Proteção Individual

ERP – Associação gestora de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos

EU-OSHA – Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho

FFP – Filtering Face Piece

IAQ – Indoor Air Quality

INSA – Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge

INSST – Instituto Nacional de Seguridad y Salude en el Trabajo

IRSST – Institut de recherche Robebert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail

ISO – International Organization for Standardization

MIAR – Método Integrado de Avaliação de Riscos Ocupacionais

NTP – Nota Técnica de Prevenção

ODST – Organic Dust Toxic Syndrome

OHSA – Occupational Health and Safety Administration

OMS – Organização Mundial de Saúde

PERSU – Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos

QAI – Qualidade do Ar Interior

RU – Resíduos Urbanos

RUB – Resíduos Urbanos Biodegradáveis

TMB – Tratamento Mecânico e Biológico

SPV – Sociedade Ponto Verde

TWA – Hour Time-Weighted Average

UE – União Europeia

ULSAM – Unidade de Saúde Local do Alto Minho, EPE

UFC – Unidade Formadora de Colónias

VLE – Valor Limite de Exposição

PARTE 1

1 INTRODUÇÃO

Segundo os últimos dados do Instituto Nacional de Estatística, em 2018 foram recolhidos em Portugal, 5.2 milhões de toneladas de RU, o que traduz um rácio de 507.8kg de RU/ habitante. Desde 2015 que a quantidade de RU recolhidos tem tido um crescimento anual de cerca de 3%, no entanto, em valores absolutos, o crescimento de 2017 para 2018 foi de +21.1Kg/ habitante, o que equivale a +4.2% (INE, 2019).

Uma estratégia adequada de gestão de resíduos prevê o desvio de resíduos urbanos biodegradáveis conduzidos para o aterro sanitário. Este princípio promove o aparecimento de novas tecnologias de tratamento de resíduos, como o tratamento mecânico e biológico, a digestão anaeróbia e a compostagem (Sykes, Jones, & Wildsmith, 2007).

Das 23 entidades gestoras existentes em Portugal para a gestão de resíduos em alta, 18 possuem unidades de TMB e prevê-se a entrada de novas infraestruturas para cumprir as metas impostas pelo PERSU2020+ que prevê a redução da deposição direta de RUB em aterro (ERSAR, 2019).

Dados da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, disponíveis no relatório de 2019, confirmam que o aterro, enquanto destino direto dos RU, tem perdido preponderância em detrimento de outros destinos, nomeadamente do “TM/TMB/Valorização orgânica”. Desde 2015 até 2018, 36% dos RU produzidos passaram a ser depositados nestas unidades (ERSAR, 2019), (ERSAR, 2018).

O número de pessoas afetas ao serviço de gestão de resíduos urbanos em alta entre 2015 e 2018, teve um crescimento médio anual de 2.5% (de 3643 pessoas para 3932). O relatório de 2019 identifica 4178 pessoas, o que significa um crescimento só neste ano de 6% (ERSAR, 2015), (ERSAR, 2019).

Esta evolução tecnológica tem gerado empregos verdes. Porém, apesar do objetivo nobre, os empregos verdes não garantem um ambiente de trabalho seguro (Cheneval et al., 2015).

Fortes evidências relacionam a exposição ocupacional a bioaerossóis nas atividades de gestão de resíduos, particularmente nas áreas de tratamento mecânico biológico, compostagem e reciclagem, com efeitos adversos à saúde, nomeadamente no aparecimento de doenças respiratórias provocadas por efeito de exposição a longo prazo (Schlosser, 2019).

As unidades de tratamento mecânico biológico são uma fonte importante de bioaerossóis, altamente carregadas com microrganismos patogénicos – bactérias, fungos, vírus. A emissão de bioaerossóis constitui um risco para os trabalhadores, e sua exposição provoca efeitos na saúde, incluindo doenças infecciosas, efeitos agudos e crónicos, alergias, inflamação das vias aéreas (Fracchia, Pietronave, Rinaldi, & Martinotti, 2006).

Numa investigação alemã, ao longo de 5 anos, constataram que a função pulmonar de trabalhadores de compostagem de resíduos diminuiu significativamente durante o período de observação e que 15% dos trabalhadores viram reduzida a sua capacidade pulmonar em cerca de 10% (Bünger, Schappler-Scheele, Hilgers, & Hallier, 2007).

Os trabalhadores da compostagem manifestam frequentemente sintomas de irritação ocular e tosse quando exposto a bioaerossóis no local de trabalho. Estes sintomas tendem a desaparecer com o afastamento da exposição. Por outro lado, a persistência na exposição pode converter estes sintomas em doenças crônicas (Van Kampen et al., 2012).

A legislação europeia, diretiva 2000/54/CE de 18 de setembro, visa reduzir os riscos para a saúde resultantes da exposição a agentes biológicos no local de trabalho. A respetiva diretiva exige que se proceda a uma identificação e avaliação dos riscos, em todas as atividades em que os trabalhadores estejam ou possam estar expostos a agentes biológicos em consequência do seu trabalho. Nos casos em que a exposição a agentes biológicos é uma consequência involuntária, como é o caso das atividades de gestão de resíduos, a avaliação de risco torna-se mais difícil (EU-OSHA, 2003).

Existem várias metodologias para proceder à estimativa do risco ocupacional, contudo sempre que os riscos possam ser quantificados objetivamente (mensuráveis), e que possam ser comparáveis com valores limite de exposição ou valores de referência, é inevitável que a avaliação de risco se sustente numa medição (Matos, Guarda, & Salvador, 2010).

Para os agentes biológicos não estão definidos valores limite de exposição (VLE). Em teoria é possível definir valores para os agentes biológicos com efeitos tóxicos e alergénicos, à semelhança dos agentes químicos. Todavia, a elevada capacidade de reprodução em ambientes favoráveis dos microrganismos e a falta de evidências sobre a relação dose-efeito da exposição a agentes biológicos, dificultam a definição de valores limites de exposição. Para os agentes biológicos infecciosos, a obtenção de um VLE ainda é mais difícil devido à falta de conhecimento sobre exposição e patogenicidade (EU-OSHA, 2019) e (Gutarowska et al., 2015).

Considerando que não existem VLE para proceder à avaliação de risco de exposição a agentes biológicos, esta deve basear-se numa metodologia semiquantitativa (Lavoie, Neesham-Grenon, Debia, Cloutier, & Marchand, 2013).

Assim, este trabalho consiste em aferir qual das metodologias semiquantitativas existentes, para avaliação da exposição a agentes biológicos, mais se adequa às atividades de gestão de resíduos, particularmente no tratamento mecânico biológico.

A primeira fase de qualquer metodologia de gestão de risco profissional inicia-se na identificação do perigo ou fatores de risco (Matos et al., 2010). Para a identificação dos microrganismos nos bioaerossóis é frequentemente utilizada a análise de amostras de ar usando meios de cultura (Schlosser, 2019).

A estimativa da gravidade do dano é definida pela natureza e do grupo do agente biológico (Varela & Pombo, 2004).

Nas atividades em que a exposição a agentes biológicos não é intencional, as concentrações dos diferentes microrganismos variam enormemente, pelo que é impossível avaliar o efeito da exposição (Hernández, 2006).

Conhecendo os microrganismos existentes na área onde se desenvolve a atividade do tratamento mecânico e biológico e o grupo a que pertencem, pretende-se confirmar qual das 4 metodologias

de avaliação de riscos de exposição a agentes biológicos, é a mais representativa para a realidade e que apresenta resultados mais credíveis.

2 FUNDAMENTAÇÃO DO TRABALHO

2.1 Apresentação da Suldouro

O estado português concessionou à Suldouro - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos S.A., a partir de 1999 e por um período de 25 anos, a exploração, tratamento e valorização dos RU dos concelhos de Vila Nova de Gaia e Santa Maria da Feira¹.

A Suldouro serve uma população de 440 000 habitantes (4.3% da população nacional), numa área de 384 km² (0.4% do território continental)², conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Indicadores Demográficos da Suldouro³

Concelho	População	Área (km2)	Densidade Populacional (hab/km2)
Santa Maria da Feira	138 525	216	641
Vila Nova de Gaia	299 938	168	1 785
TOTAL	438 463	384	1 142

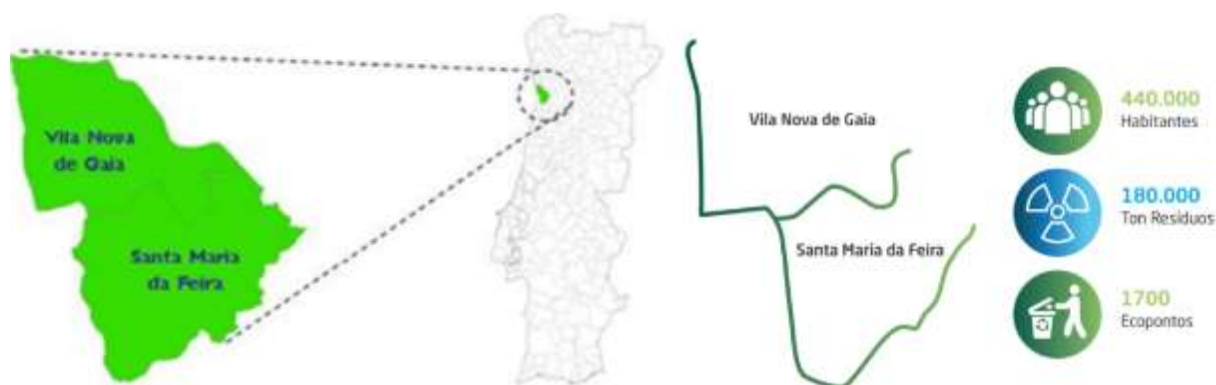


Figura 1 - Área geográfica da Suldouro (Suldouro, 2018)

2.1.1 Descrição sumária da atividade operacional

O tratamento e a valorização dos RU são a atividade principal da empresa. A valorização dos resíduos corresponde à separação e transformação de recicláveis em fluxos específicos de resíduos vendáveis a entidades gestoras (SPV, Novo Verde, Amb3E, Ecopilhas, ERP Portugal, etc). Os resíduos acumulados em aterro produzem biogás, que é transformado em energia eléctrica que se vende à EDP (Suldouro, 2018).

A figura 2 sistematiza a atividade da Suldouro, discriminando as diferentes unidades de negócio (Suldouro, 2018).

¹ <http://www.suldouro.pt/pt/suldouro/empresa-e-acionistas/>, acedido a 04/11/2019

² https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&contecto=pi&indOcorrCod=0008273&selTa=tab0, acedido a 04/11/2019

³ https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&contecto=pi&indOcorrCod=0008273&selTa=tab0, acedido a 04/11/2019

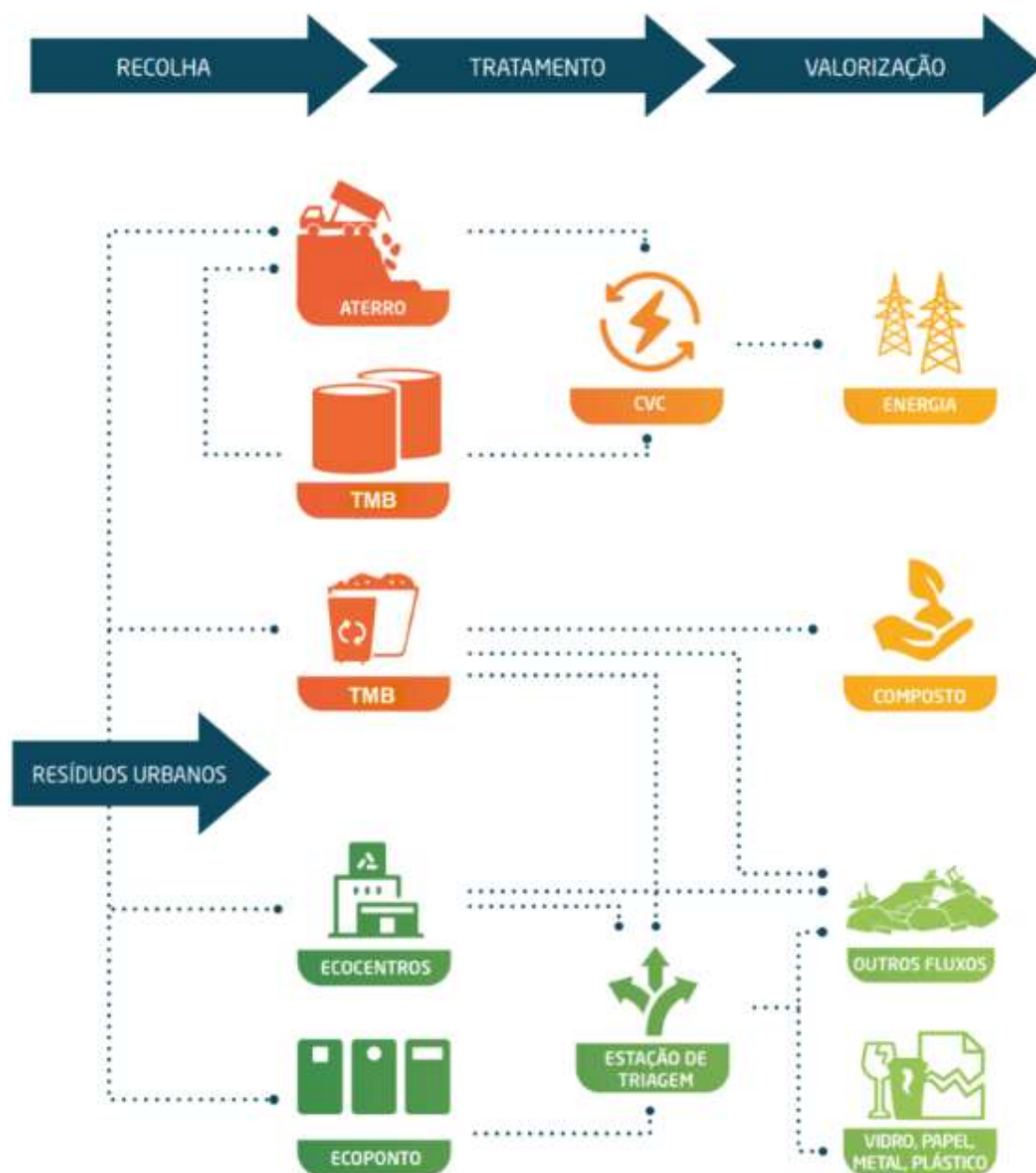


Figura 2 - Cadeia de valor de negócio do Tratamento e Valorização dos Resíduos (Suldouro, 2018)

2.1.2 Descrição das infraestruturas da Suldouro em Sermonde

Na unidade de Sermonde, em Vila Nova de Gaia, a Suldouro possui as seguintes infraestruturas:

- Aterro sanitário, em funcionamento desde o ano de concessão, que inclui a central de valorização energética de biogás;
- Central de triagem manual, em funcionamento desde o ano de concessão e beneficiada em 2009 numa central de triagem automática;
- Ecocentro, em funcionamento desde o ano de concessão, que permite aos munícipes e às empresas do concelho a deposição de materiais recicláveis;
- Unidade de tratamento mecânico e biológico, em funcionamento desde 2012 (Suldouro, 2015).

2.1.3 Princípio do TMB

O objetivo do tratamento mecânico e biológico é valorizar/ tratar os resíduos indiferenciados para extrair deles matéria orgânica e materiais recicláveis, diminuindo a quantidade de resíduos (rejeitados) depositados em aterro sanitário. O processo de tratamento mecânico visa retirar dos resíduos indiferenciáveis os materiais recicláveis como papel, cartão, plástico, vidro e metal. O processo de tratamento biológico procede à valorização da matéria orgânica dos resíduos indiferenciados transformando-a em “composto”, que é um produto fertilizante para ser utilizado nos solos. O tratamento biológico pressupõe duas etapas, a primeira onde se decompõe a componente biodegradável de resíduos indiferenciáveis – digestão anaeróbia – seguida da etapa que pressupõem a desidratação do material biodegradável – digestão aeróbia⁴.

A figura 3 ilustra o processo TMB.

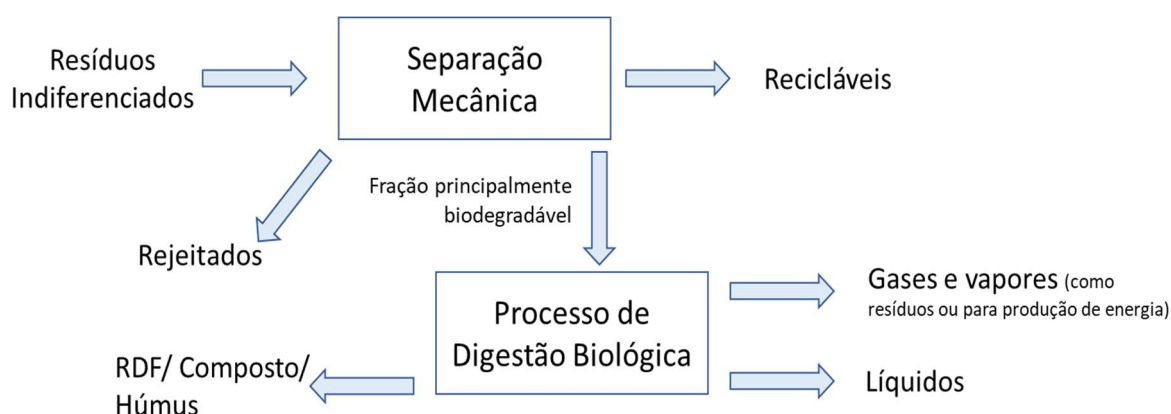


Figura 3 - Configuração de um Processo TBM (Costa, 2010)

2.1.4 Justificação pela opção da tecnologia TMB

Considerando que as metas, definidas nos diversos Planos Estratégicos dos Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU), para deposição de resíduos em aterro têm sido cada vez mais reduzidas, as unidades TMB apontam-se como a tecnologia para o alcance desse objetivo⁵. O processo TMB permite retirar materiais recicláveis do conjunto de resíduos sólidos urbanos e valorizar os resíduos orgânicos, com a produção de composto e entre outras vantagens:

- a redução do volume de resíduos para destino final (aterro ou incineração);
- a redução da humidade e percentagem da fracção orgânica a enviar para o destino final;
- a redução das emissões difusas de biogás no aterro (o biogás é um gás com efeito estufa);
- a redução de odores no aterro (Costa, 2010).

⁴ <https://www.residuosdonordeste.pt/documentos/>, acessido 27/12/2019

⁵ <https://www.ambienteonline.pt/canal/detalhe/colunista-paulo-praca-residuos-tendencias-a-revisitacao-das-unidades-de-tmb-para-valorizacao-de-residuos>, acessido 27/12/2019

2.1.5 PERSU 2020+

O programa do PERSU 2020+ foi posto à discussão pública em 2018, e tinha como objetivo melhorar a percentagem de resíduos valorizáveis para 55% em 2025, 60% em 2030 e 65% em 2035. Com isto aspira-se a reduzir a deposição em aterro dos resíduos biodegradáveis para 10% em 2035⁶.

Face aos constrangimentos que os atuais TBM possuem para atingir as novas metas, previu-se, no Fórum Nacional de Resíduos (10 e 11/04/2019), a necessidade de requalificar estas unidades de forma a cumprir com as metas de PERSU 2020+⁷.

2.2 Conceitos básicos de ordem tecnológica

2.2.1 Agentes Biológicos

O decreto-lei n.º 84/1997, de 16 de abril, entende por agentes biológicos os microrganismos (vírus, parasitas, bactérias e fungos) e os geneticamente modificados, embora nalguns países da UE se considerem também os subprodutos dos microrganismos (toxinas, glucanos, etc)⁸.

Em 2019 a EU-OSHA, ao desenvolver uma investigação sobre a exposição a agentes biológicos acabou por alargar o âmbito da definição destes para incluir os subprodutos. Assim entende-se por agentes biológicos:

- microrganismo vivos como bactérias, parasitas, vírus e fungos, ou seja, os organismos abrangidos pela definição da legislação europeia;
- estruturas originárias de organismos vivos ou mortos, como micotoxinas, endotoxinas, exotoxinas, alergénicos e glucanos (EU-OSHA, 2019).

No contexto ocupacional, a exposição a agentes biológico é, habitualmente, sujeita a mais do que um microrganismo em simultâneo, sendo que alguns dos quais podem interagir. Adicionalmente os trabalhadores podem ainda estar sujeitos a poeiras de origem biológica, designadas por poeiras orgânicas, que são geradas pelos microrganismos existentes em materiais e que libertam proteínas (ou alergénios) (EU-OSHA, 2019).

Bactérias

As bactérias são microrganismos que conseguem sobreviver e desenvolver-se sem ser necessário um hospedeiro. Algumas, possuem possibilidade de produzir esporos, que são formas mais resistentes de sobreviver em condições ambientais desfavoráveis. Quando as circunstâncias

⁶ http://www.ambienteonline.pt/13fnr/noticias/desafios-dos-residuos-urbanos-no-pos-2020--o-persu-2020_, acedido 27/12/2019

⁷ http://www.ambienteonline.pt/13fnr/noticias/desafios-dos-residuos-urbanos-no-pos-2020--o-persu-2020_, acedido 27/12/2019

⁸ https://oshwiki.eu/wiki/Biological_agents, acedido a 16/05/2020

ambientais mudam, tornando-se favoráveis, multiplicam-se exaltando a sua capacidade infecciosa (DGS, 2004).

Podem ser classificadas segundo vários critérios (características celulares, morfologia, necessidade de oxigénio, químicas) sendo a reação à coloração de Gram uma das classificações possíveis (Goyer, Lavoie, Lazure, & Marchand, 2001).

As bactérias gram negativas têm como característica possuírem uma parede celular frágil e, por conseguinte, não toleram condições ambientais pouco húmidas. Pelo contrário, as bactérias gram positivas possuem uma parede celular mais resistente e alguns tem possibilidade de produzir esporos. Independentemente da classificação em comum todas precisam de muita humidade para se desenvolver (Goyer et al., 2001).

Dos setores de atividade profissionais mais suscetíveis ao crescimento de bactérias destaca-se a unidades de exploração animal, as atividades gestão de resíduos, as estações de tratamento de águas residuais e alguns processos industriais que podem dissipar bactérias por aerossolização (Goyer et al., 2001).

Vírus

Os vírus são os microrganismos mais simples, por serem constituídos somente por material genético, necessitando sempre de um hospedeiro (ser vivo que é infetado) para se multiplicar (DGS, 2004).

Os vírus, cujo tamanho não excede os 0,25 µm, são organismos tão simples que têm como única função transferir o ácido nucleico (DNA ou RNA) de uma célula hospedeira para outra célula. Sem metabolismo próprio precisam da energia, matéria e sistema enzimático de um ser vivo para se poder reproduzir (Varela & Pombo, 2004).

Os vírus podem ser transmitidos pela projeção de gotículas de pessoas infetadas, mas podem tornar-se inativos no ambiente. A forma mais objetiva de confirmar a sua presença num hospedeiro é notar sintomas ou manifestações de doença (Goyer et al., 2001).

Os viróides são os vírus mais simples, constituídos apenas por um único ácido nucleico. Os vírus que possuem estruturas protetoras são mais complexos e usam essa estrutura como veículo de transmissão (Varela & Pombo, 2004).

Parasitas

Os parasitas são divididos em 2 grupos, os protozoários (unicelulares) e metazoários (pluricelulares), também designados por helmintos ou vermes (Levinson, 2010).

Protozoários:

São organismos unicelulares, que para se desenvolver necessitam, em alguns casos, de passar por vários hospedeiros. Esta cadeia de transmissão é, geralmente, efetuada através de vetores (insetos) (DGS, 2004).

Doenças como a leishmaniose, toxoplasmose ou a malária são das mais conhecidas transmitidas por protozoário (Varela & Pombo, 2004).

Vermes (helminthas):

São microrganismos pluricelulares que frequentemente passam por vários hospedeiros para completar o ciclo de vida (ovo-larva-adulto). Este ciclo de vida pode envolver diferentes vetores (DGS, 2004).

Um dos helmintos mais conhecidos é a *taenia solium*, classificada no grupo 3, que tem o homem como hospedeiro definitivo. É parasita do intestino delgado no homem (Varela & Pombo, 2004).

Fungos

Os fungos são microrganismos complexos que se encontram habitualmente no solo. Também fazem parte deste reino as leveduras e os bolores. Estes podem parasitar o homem, assim como outros animais e vegetais (DGS, 2004).

Aos fungos unicelulares designam-se leveduras, os multicelulares são os bolores. Os primeiros desenvolvem-se como uma única célula e os segundos, como uma colónia multicelular filamentosa (Varela & Pombo, 2004).

Os fungos, na sua maioria, são constituídos por filamentos microscópicos e ramificados, as hifas. O conjunto de hifas de um fungo constitui o micélio. A maioria dos fungos alimenta-se de cadáveres de animais e vegetais pelo que contribuem para a sua putrefação, designando-se por isso saprofágicos. Certas espécies de fungos são parasitas e outras vivem em associações harmoniosas com outros organismos (Carvalho, 2010).

Parte substancial dos fungos não é prejudicial à saúde, no entanto alguns tipos de fungos podem provocar doenças infecciosas no homem – micoses. As micoses superficiais afetam basicamente o cabelo, pele e unhas. As micoses sistémicas ou profundas, geralmente associados à inalação de esporos, podem causar doenças mais graves como a pneumonia aguda (Varela & Pombo, 2004).

Organismos geneticamente modificados

O microrganismo, celular ou não celular, cujo material genético seja alterado artificialmente, mantendo a sua capacidade reprodutora ou de transferência de material genético, é considerado um organismo geneticamente modificado (DGS, 2004).

Endotoxinas e Exotoxina

As toxinas microbianas são produzidas por bactérias e fungos, provocando doenças e infeções, afetando os tecidos do hospedeiro e comprometendo o seu sistema imunológico (Backert, König, König, & Arnold, 2006)..

As toxinas libertadas por bactérias são classificadas em endotoxinas e exotoxinas. As primeiras estão associadas à parede celular da bactéria, as exotoxinas são expelidas de forma extracelular⁹.

As consequências associadas à exposição respiratória a endotoxinas são a tosse, falta de ar, febre, pulmão obstruído e inflamado e problemas gastrointestinais. Porém, esta sintomatologia varia muito com a espécie, indivíduo, dose e via de entrada. (Goyer et al., 2001).

⁹ <http://textbookofbacteriology.net/proteintoxins>, acessado a 18/05/2020

Os efeitos biológicos da endotoxina são a febre, hipotensão (choque), coagulação intravascular disseminada (Levinson, 2010).

As exotoxinas são produzidas no interior de algumas bactérias, como parte de seu crescimento e metabolismo, sendo secretadas no meio ambiente ou liberadas após a destruição da membrana celular (Goyer et al., 2001).

As exotoxinas são produzidas quer por bactérias gram-positivas, quer pelas gram-negativas (Levinson, 2010).

Um exemplo de uma exotoxina é a libertada pela bactéria *Clostridium tetani*, associado ao tétano (MTE, 2008).

Micotoxinas

As micotoxinas são metabólitos secundários, não essenciais para a existência dos fungos, tóxicos produzidos durante o processo de decomposição de matéria orgânica e absorvidos pelo ar e pele (Varela & Pombo, 2004).

Os géneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* são das micotoxinas mais destacadas (Dos Santos, Sousa, Oliveira, Lima, & Lima, 2014).

A exposição a micotoxinas gera sintomas que podem variar em função do tipo e concentração presente no ambiente destes produtos secundários libertados pelos fungos. Alguns destes sintomas são irritação das mucosas e pele, imunossupressão, dor de cabeça, náuseas e até efeitos cognitivos e neuropsicológicos. O género *aflatoxina* é considerada cancerígena, podendo provocar cancro no fígado por ingestão (Goyer et al., 2001).

Priões

Os priões são compostos apenas por proteínas, não têm ácidos nucleicos e são altamente resistentes à luz UV, ao formaldeído e ao calor (Levinson, 2010).

A doença provocada pelo prião ocorre porque a proteína que o constitui (PrP) altera-se e torna-se “anormal”. A proteína anormal (PrP^{SC}) é designada por “*scrapie prion protein*”. Pela maior incidência de priões nas células cerebrais, as consequências das lesões afetam maioritariamente o sistema nervoso¹⁰.

As doenças provocadas pelos priões são conhecidas como encefalopatias espongiformes que correspondem a desordens neurodegenerativas. Nos animais a doença mais conhecida provocada por priões é a BSE no gado bovino (do inglês bovine spongiform encephalopathy) e nos humanos é a doença de Creutzfeldt-Jacob (Neves, 2003).

¹⁰<https://www.msmanuals.com/pt-br/casa/dist%C3%B3rbios-cerebrais,-da-medula-espinhal-e-dos-nervos/doen%C3%A7as-causadas-por-pr%C3%AAdons/considera%C3%A7%C3%B5es-gerais-sobre-doen%C3%A7as-causadas-por-pr%C3%AAdons>, acessado a 12/07/2020

2.2.2 Bioaerossóis

“Os bioaerossóis são partículas de origem biológica “(bactérias, fungos, vírus, protozoários, grãos de pólen) *suspensas no ar*”. Aproximadamente 10 a 15% da massa do ar é composta por estas partículas, cujo valor pode variar em função da estação do ano e da localização geográfica. O tamanho das partículas dos bioaerossóis oscila entre 0.01µm a 150 µm, sendo que os vírus são os de menor dimensão e os pólenes os de maior tamanho (L.D.M. Pantoja, M.S. Couto, 2007).

“A American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGIH) define bioaerossóis como partículas aéreas, grandes moléculas ou compostos voláteis que contêm seres vivos ou que foram libertados por estes”. Uma vez que os bioaerossóis se encontram em suspensão no ar, a sua mobilidade é responsável pela transmissão dos microrganismos por via aérea (Guerreiro et al., 2008).

O tamanho das partículas biológicas é um fator importante na exposição a bioaerossóis. A sedimentação destas partículas no organismo ocorre na fração inalável, torácica e respirável em função do seu diâmetro (Corra, Mazzotta, La Torre, & De Giusti, 2012).

A maior parte das partículas biológicas dos aerossóis são respiráveis. Os vírus possuem diâmetros na ordem de 0,003µm, as bactérias possuem diâmetros compreendidos entre 0,5 a 20µm, os pólenes possuem diâmetros entre 10 a 100µm e os fungos apresentam tamanhos compreendidos entre 2 a 200µm (Goyer et al., 2001).

Os aerossóis maiores de 10µm possuem baixa probabilidade de atravessar a região nasal, os de diâmetros de 5 a 10µm são depositados no sistema respiratório superior e as partículas inferiores a 5µm, denominadas frações respiratórias, podem ser alojadas nos alvéolos pulmonares (L.D.M. Pantoja, M.S. Couto, 2007).

Os bioaerossóis podem entrar no organismo através da inalação, ingestão e contacto com pele e olhos. As partículas de origem biológica inaladas são alojadas em diferentes partes do sistema respiratório devido ao seu tamanho. As partículas de maior tamanho, até 10µm, depositam-se nas vias aéreas superiores enquanto as de menor tamanho depositam-se nos pulmões (Schlosser, 2019).

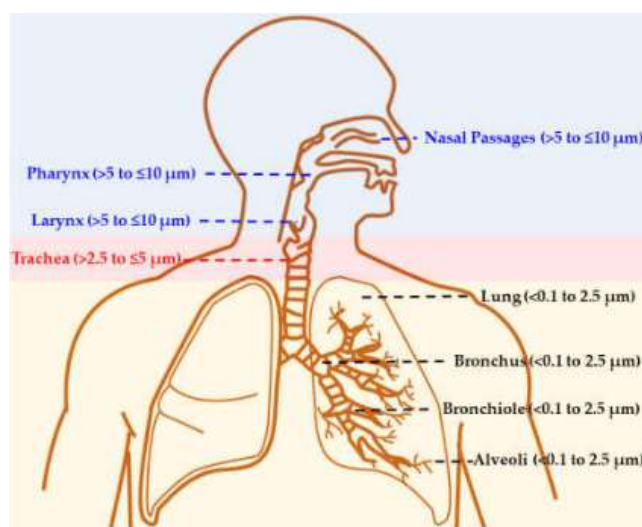


Figura 4 - Penetração das partículas no sistema respiratório¹¹

As principais consequências na saúde provocadas pela exposição a bioaerossóis dividem-se em 3 grandes grupos: doenças infecciosas, doenças respiratórias e cancro (Douwes, Thorne, Pearce, & Heederik, 2003).

2.2.3 Vias de transmissão da infecção

“A via de transmissão é o percurso que cada agente biológico tem de efetuar desde a fonte de exposição até ao hospedeiro” (MTE, 2008).

Transmissão por contacto

A via de transmissão por contacto pode ser direta ou indireta. A transmissão por contacto direto envolve o contacto corpo a corpo, por exemplo através do toque das mãos. Neste caso a transmissão dos microrganismos é sem intermediação de objetos ou vetores. A transmissão por contacto indireto envolve o contato com o objeto contaminado e, neste caso, a transmissão é realizada por intermédio de objetos ou vetores (INSA, 2005).

Transmissão por gotículas

A transmissão por gotículas ocorre quando a fonte e o hospedeiro estão muito próximos e existe transferência de microrganismos através do ar. As gotículas são dispersas a curta distância (1.0 metro) e depositadas nas mucosas – conjuntiva, boca ou nariz (INSA, 2005).

Transmissão por via aérea

Ocorre por disseminação de pequenas partículas com dimensão inferior a 5µm, resultantes de gotículas evaporadas que contêm microrganismos e que permanecem suspensos no ar, devido ao seu baixo peso, por períodos prolongados - ou partículas de pó que contêm agentes infecciosos ou

¹¹ https://www.researchgate.net/figure/Schematic-representation-of-the-respiratory-system-with-the-corresponding-aerodynamic_fig2_340839394, acessado 12/06/2020

esporos. Os microrganismos disseminados deste modo podem ser transportados por correntes de ar e ser depositados ou inalados (INSA, 2005).

Transmissão por via percutânea

A transmissão por via percutânea inclui os acessos vasculares, acidentes com instrumentos cortantes ou perfurantes, picadas de insetos, etc (INSA, 2005).

Transmissão por ingestão

A via de transmissão por ingestão é a menos frequente, os casos mais frequentes estão relacionados com o consumo de alimentos e produtos alimentares contaminados (INSA, 2005).

2.2.4 Portas de entrada no organismo

A porta de entrada assinala a via pela qual o agente infeccioso atinge o hospedeiro suscetível e corresponde à zona do corpo que permite a entrada dos agentes infecciosos no organismo (INSA, 2005) (MTE, 2008).

As principais portas de entrada nos organismos são, a via respiratória, a inalação, a via cutânea através da pele, membranas mucosas, via parenteral por inoculação intravenosa, via oral por ingestão e através da placenta (DGS, 2004).

2.2.5 Transmissibilidade, infetividade, patogenicidade e virulência do agente biológico

A transmissibilidade é o intervalo de tempo durante o qual é possível transmitir um agente biológico infeccioso para o hospedeiro (MTE, 2008).

A “infetividade é a capacidade de ser transmissível e pode expressar-se durante o período de incubação, na fase de doença ou na convalescença” (INSA, 2005).

A patogenicidade é a capacidade de um agente biológico causar doença num hospedeiro suscetível. Os agentes patogénicos estão divididos em 2 grupos, patogénicos convencionais e condicionais. Os agentes convencionais são capazes de produzir doença mesmo em pessoas saudáveis e transmitem-se através de casos infetados ou portadores. Os agentes condicionais causam infeção em determinadas circunstâncias (INSA, 2005).

“A virulência é o grau de agressividade de um agente biológico”, que se avalia pela gravidade da doença, da letalidade ou das sequelas resultantes da infeção. A virulência está associada à capacidade do agente biológico invadir o hospedeiro suscetível, manter-se e desenvolver-se, sobrepondo-se às defesas do organismo (MTE, 2008).

2.2.6 Classificação dos Agentes Biológicos

À semelhança da diretiva europeia para os agentes biológicos, também a legislação portuguesa, no artigo 4, do Decreto-Lei n.º 84/1997, de 16 de abril, classifica-os em 4 grupos de risco conforme o seu nível de risco infeccioso:

- Risco de causar doença (gravidade da doença/infeção);
- Risco de propagação à comunidade (probabilidade de ocorrência);
- Existência de meios de profilaxia ou tratamento.

Tabela 2 - Classificação dos Agentes Biológicos, de acordo com o Decreto-Lei n.º 84/1997

Grupo	Risco para os trabalhadores	Risco de propagação na coletividade	Meios de profilaxia ou tratamento
1	<i>Baixa probabilidade de causar doença.</i>	<i>Não</i>	<i>Desnecessário</i>
2	<i>Pode causar doença e constituir perigo para os trabalhadores.</i>	<i>Pouco provável</i>	<i>Existem, em regra, estes meios</i>
3	<i>Pode causar doença grave e constituir perigo grave para os trabalhadores.</i>	<i>Provável</i>	<i>Existem estes meios</i>
4	<i>Provocam doença grave e constituem um sério perigo para os Trabalhadores.</i>	<i>Elevado</i>	<i>Não existem estes meios</i>

A portaria n.º 1036/98, de 15 de dezembro, identifica os agentes biológicos com capacidade reconhecida de causar infeções nas pessoas.

2.2.7 Valores limite de exposição a Agentes Biológicos

Não estão definidos valores limite para a exposição a agentes biológicos, porém alguns países da união europeia estabeleceram valores de referência para as toxinas microbianas (EU-OSHA, 2003).

A diretiva europeia n.º 2000/54/CE de 18 de setembro, sobre a proteção dos trabalhadores para a exposição a agentes biológicos, menciona apenas os agentes biológicos causadores de infeções, medidas de higiene e níveis de confinamento. Pelo facto de não definir valores limite de exposição, a simples presença de agentes biológicos infecciosos obriga a utilização de proteção individual respiratória (Carducci, Donzelli, Cioni, & Verani, 2016).

A capacidade dos agentes biológicos se desenvolverem em condições ambientais favoráveis e a falta de evidência científica sobre a relação exposição-consequência, são os principais obstáculos para a determinação de valores limite de exposição (EU-OSHA, 2019).

Para determinar VLE de agentes biológicos que provocam doenças infecciosas, falta informação sobre exposição, patogenicidade e a sua inter-relação. A agravar esta circunstância, a infetividade dos agentes biológicos infecciosos depende da suscetibilidade individual. Assim, aplica-se o

princípio da prevenção que determina manter a exposição tão baixa quanto possível ("*ALARA - as low as reasonably achievable*")¹².

Em teoria é possível definir VLE para agentes biológicos que causam efeitos tóxicos (toxinas) com base no método NOEL ("*No Observed Effect Level*") – dose em que não se observam efeitos tóxicos. A inexistência de dados consolidados sobre a relação dose-resposta dificulta a determinação de VLE, contudo, alguns países definiram valores de referência em relação às toxinas. A Holanda definiu como valor de referência para a exposição à endotoxina 90 EU/m³ (TWA de 8 horas) e para poeira inalável 1,5 mg/m³ (TWA de 8 horas)¹³.

A ausência de valores limite para a exposição a agentes biológicos induz que muito países utilizem os valores de referência dos poluentes microbiológicos, definidos na legislação de qualidade do ar interior, como critérios de conformidade¹⁴.

2.2.8 Avaliação de Riscos de Agentes Biológicos

O artigo 6, do Decreto-Lei n.º 84/1997, de 16 de abril atribui a responsabilidade ao empregador de realizar a avaliação de riscos nas atividades suscetíveis de exposição a agentes biológicos. Para o efeito é necessário ter em conta a natureza e classificação dos microrganismos, o tempo de exposição dos trabalhadores, as implicações clínicas na saúde do trabalhador, o risco suplementar que pode provocar a trabalhadores imunodeprimidos, grávidas ou em aleitamento, ou outros cuja sensibilidade possa ser afetada.

A avaliação de riscos de agentes biológicos pode ser condicionada pelo local onde a atividade é desenvolvida. Locais que envolvem o uso intencional de agentes biológicos, como o caso dos laboratórios, é fácil identificar os microrganismos e por conseguinte a exposição pode ser alterada para cumprir com as medidas de prevenção. Se a exposição não é intencional, como no caso da agricultura e pecuária, gestão de resíduos, entre outras, a avaliação de riscos é mais difícil de realizar, sendo que as medidas de controlo de risco baseiam-se nos princípios gerais de higiene ocupacional¹⁵.

Nas atividades de exposição não intencional a agentes biológicos, cujos microrganismos sejam potencialmente alérgicos ou tóxicos, a avaliação ambiental é importante para identificar a fonte de contaminação e os microrganismos derivados, conhecer a concentração e o risco por inalação, e verificar a adequabilidade das medidas preventivas. Embora esta avaliação nos permita identificar os microrganismos, não nos permite quantificar o risco de exposição uma vez que não existe VLE para agentes biológicos (INSST, 2014).

¹² https://oshwiki.eu/wiki/Biological_agents, acedido a 15/07/2020

¹³ https://oshwiki.eu/wiki/Biological_agents, acedido a 15/07/2020

¹⁴ https://oshwiki.eu/wiki/Biological_agents, acedido a 15/07/2020

¹⁵ https://oshwiki.eu/wiki/Biological_agents, acedido a 16/07/2020

No processo de gestão de risco profissional, a medição ambiental dos agentes biológicos corresponde à primeira etapa, permitindo a identificação dos fatores de risco e identificação dos trabalhadores expostos (INSST, 2014).

Para proceder à avaliação de risco biológico podem ser consultadas algumas bases de dados¹⁶ que reúnem informação sobre microrganismos.

2.2.9 Medição Ambiental de Agentes Biológicos

A medição ambiental de agentes biológicos consiste em definir a composição biológica num determinado ambiente assim como avaliar a exposição dos trabalhadores. Esta medição também pode servir de apoio aos serviços de medicina do trabalho para conseguir estabelecer a origem de doenças (Varela & Pombo, 2004).

A realização de medições representativas da exposição a agentes biológicos é uma tarefa difícil, uma vez que a variabilidade dos níveis de exposição aos agentes biológicos, a incerteza associada à medição, os equipamentos de medição utilizados e a inexistência de metodologias acreditadas e reconhecidas, são fatores que contribuem para a inconsistência das medições (Varela & Pombo, 2004).

Existem várias técnicas para a medição ambiental de agentes biológicos, mas é necessária uma definição prévia de quais os microrganismos que se destinam a ser identificados. Com esta definição selecionam-se, posteriormente, os equipamentos e os ensaios analíticos (INSST, 2014).

A norma EN 13098 "*Workplace atmosphere: guidelines for measurement of airborne microorganisms and endotoxin*" define requisitos para a medição de microrganismos e endotoxinas em suspensão no ar. Esta norma não se aplica à medição de vírus, nem a outras toxinas diferentes da endotoxina, embora exista alguma similaridade nos critérios de medição (INSST, 2014).

Existem 3 formas distintas para realização de amostragem de microrganismos:

I. Impactação

O equipamento utilizado recolhe uma amostra de volume de ar que é impactado diretamente no meio de cultura semi sólido (Apa, 2010).

Realiza-se forçando o ar através de pequenos orifícios de forma a impactar as partículas contra um suporte de recolha. O meio de cultura usual para recolher bioaerossóis é o AGAR, que permite captar os microrganismos cultiváveis. Pode ainda utilizar-se filtros para a captura de outros componentes (INSST, 2014).

¹⁶ <http://www.inrs.fr/publications/bdd/baobab.html>
<https://zag.bvl.bund.de/organismen/index.jsf?dswid=2944&dsrid=249>
<https://health.canada.ca/en/epathogen>

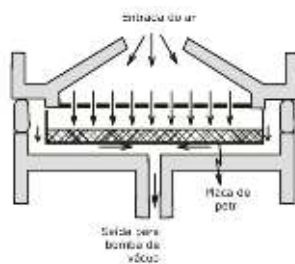


Figura 5 – Esquema de medição ambiental por Impactação¹⁷



Figura 6 - Equipamento de Medição ambiental por Impactação (Merck MAS-100)¹⁸

II. Filtração

O equipamento utilizado recolhe uma amostra de volume de ar que é filtrado através de membrana, que posteriormente é colocada num meio de cultura semi sólido (Apa, 2010).

O princípio de recolha das partículas é semelhante ao método anterior, mas neste caso é possível controlar o volume e o fluxo do ar que passa pelo filtro (INSST, 2014).



Figura 7 - Equipamento de medição ambiental por Filtração (AirPort Sartorius)¹⁹

III. “Impingers”

“Utiliza-se um equipamento de amostragem volumétrica em que é usado um líquido como meio de colheita. O fluido recolhido é filtrado através de uma membrana que é colocada num meio de cultura semi sólido” (Apa, 2010);

Consiste em recolher as partículas do bioaerossol de um determinado volume de ar numa garrafa de impinger, forçando a sua passagem através de um líquido onde ficam retidas (INSST, 2014).

¹⁷ <https://pt.slideshare.net/AmandaFraga3/microbiologia-aplicada-aula11-ar>, acedido 18/07/2020

¹⁸ <https://www.merckmillipore.com/PT>, acedido a 18/07/2020

¹⁹ <https://pt.vwr.com/store/product/7034618/amostradores-de-ar-airport-md8>, acedido a 18/07/2020



Figura 8 - Equipamento de medição ambiental por Impingers²⁰

Qualquer das três metodologias permite recolher bioaerossóis cultiváveis e contáveis. Os microrganismos cultiváveis (bactérias e fungos), desenvolvem-se em meio de cultura e quantificando-se em UFC/m³ – unidade formadora de colónias por metro cúbico de ar, os microrganismos contáveis podem ser determinados por microscopia (INSST, 2014).

Os meios de cultura utilizados para os fungos são o “*Malt Extract Agar*”, para as bactérias são “*Trypticase Soy Agar*”, o “*Casein Soy Peptone Agar*” ou o “*Nutrient Agar*”. No caso particular da *Legionella* o meio de cultura utilizado é o “*Buffered Charcoal Yeats Extract Agar*”. Após o período de incubação procede-se à contagem e identificação dos fungos, para as bactérias procede-se à contagem e análise de coloração de Gram (Apa, 2010).

2.2.10 Critérios de Conformidade para a contaminação do ar interior por microrganismos

Em Portugal, a política de qualidade do ar interior impõe regras associadas às concentrações máximas de poluentes químicos e microbiológicos (bactérias e fungos) que permitem salvaguardar os níveis de proteção de saúde e bem-estar dos ocupantes dos edifícios²¹.

O Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, e a Portaria n.º 353-A/2013, de 4 de dezembro, estabeleceram como limiares de concentração de poluentes microbiológicos:

Tabela 3 - Condições de referência para os poluentes microbiológicos, de acordo com a portaria n.º 353-A/2013

Poluentes Microbiológicos	Matriz	Unidade	Condições de referência microbiológicas
Bactérias	Ar	[UFC/m ³]	Concentração de bactérias totais no interior inferior à concentração no exterior, acrescida de 350 UFC/m ³
<i>Legionella spp</i>	Água	[UFC/L]	Concentração inferior a 100 UFC/L, exceto no caso da pesquisa em tanques de torres de arrefecimento em que deve verificar-se uma concentração inferior a 1000 UFC/L. Ausência de <i>Legionella pneumophila</i>
Fungos	Ar	[UCF/m ³]	Concentração de fungos no interior inferior à detetada no exterior.

²⁰ <https://pt.slideshare.net/AmandaFraga3/microbiologia-aplicada-aula11-ar>, acessado 18/07/2020

²¹ <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=82&sub2ref=319>, acessado a 24/05/2020

Tabela 4 - Condições específicas para a verificação de conformidade de fungos, de acordo com a Portaria 353-A/2013

Espécies	Condições específica de conformidade de fungos
<i>Espécies comuns (excluindo as produtoras de toxinas)</i> <i>Cladosporium spp</i> <i>Penicillium spp</i> <i>Aspergillus spp</i> <i>Alternaria spp</i> <i>Eurotium spp</i> <i>Paecilomyces spp</i> <i>Wallemia spp.</i>	Mistura de espécies: concentração inferior ou igual a 500 UFC/m ³
<i>Espécies pouco comuns</i> <i>Acremonium spp</i> <i>Chrysosporium spp</i> <i>Tricothecium spp</i> <i>Curvularia spp</i> <i>Nigrospora spp</i>	Cada espécie: concentração inferior a 50 UFC/m ³ Mistura de espécies: concentração inferior a 150 UFC/m ³
<i>Espécies patogénicas</i> <i>Chytridiomycota neoformans</i> <i>Histoplasma capsulatum</i> <i>Blastomyces dermatitidis</i> <i>Coccidioides immitis</i>	Ausência de toda e qualquer espécie
<i>Espécies toxigenicas</i> <i>Stachybotrys chartarum</i> <i>Aspergillus versicolor</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus ochraceus</i> <i>Aspergillus terreus</i> <i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Fusarium moniliforme</i> <i>Fusarium culmorum</i> <i>Trichoderma viride</i>	Cada espécie: concentração inferior a 12 UFC/m ³ (várias colónias por cada placa)

2.2.11 Agentes biológicos nas atividades de gestão de resíduos

A EU-OSHA desenvolveu um trabalho de pesquisa, entre 2015 e 2017, sobre a exposição a agentes biológicos e as suas consequências para a saúde, em diferentes setores de atividade profissional onde existe esse risco. À raiz desse estudo, o mesmo organismo, elaborou um documento sucinto sobre a exposição a agentes biológicos no setor de gestão de resíduos e tratamento de águas residuais (EU-OSHA, 2017).

Com base neste estudo, a tabela 5 identifica os agentes biológicos infecciosos, existentes nas atividades de gestão de resíduos e a tabela 6 os agentes biológicos alergénicos e tóxicos.

Tabela 5 – Agentes biológicos infecciosos identificados na gestão de resíduos (EU-OSHA, 2017)

Agentes Biológicos	Atividades	Efeitos na Saúde
Bactérias		
<i>Actinomycetes</i>	Compostagem	Actinomicose
<i>Acinetobacter</i>	Gestão de resíduos	—
<i>Brucella spp.</i>	Gestão de resíduos	Brucelose
<i>Campylobacter</i>	Gestão de resíduos	Infeção por <i>Campylobacter</i>
<i>Escherichia coli</i>	Gestão de resíduos	Infeção por <i>Escherichia coli</i>
<i>Legionella spp.</i>	Tratamento mecânico e biológico	Doença dos legionários
<i>Mycobacterium</i>	Gestão de resíduos	Tuberculose
<i>Salmonella</i>	Gestão de resíduos	Salmonelose
<i>Staphylococcus</i>	Gestão de resíduos	—
<i>Treponema pallidum</i>	Gestão de resíduos	Sífilis
Fungos		
<i>Aspergillus</i>	Gestão de resíduos	Ceratite micótica (infecção da córnea)

Agentes Biológicos	Atividades	Efeitos na Saúde
<i>Cryptococcus</i>	Gestão de resíduos	Criptococose
<i>Geotrichum</i>	Gestão de resíduos	—
<i>Rhodotorula</i>	Gestão de resíduos	—
<i>Trichoderma</i>	Gestão de resíduos	—
Vírus	Hepatitis A virus	Hepatite A
	Hepatitis B virus	Hepatite B
	Hepatitis C virus	Hepatite C
	Human immunodeficiency virus (HIV)	Deficiência imunológica adquirida
Parasitas	<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmose
Misturas	Indoor moulds, fungi (mixture)	Síndrome do edifício doente, Asma, Infecção respiratória superior, Infecções, Tosse, Dores de cabeça e sintomas semelhantes à gripe, Doenças alérgicas, Irritação do nariz, garganta, olhos e pele

Tabela 6 – Agentes biológicos alérgicos e tóxicos identificados na gestão de resíduos (EU-OSHA, 2017)

Agentes alérgicos, Toxinas	Atividades	Efeitos na Saúde
Fungos	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Doenças pulmonares e respiratórias
	<i>Alternaria</i>	Asma, pneumonite por hipersensibilidade
	<i>Cladosporium</i>	
	<i>Penicillium</i>	
Poeira Orgânica	Organic dust (beta glucans)	—
	Organic dust (bacteria, fungi, endotoxins, beta glucans)	Tosse, dispneia, irritação ocular
Poeira Orgânica (mistura)	Organic dust (endotoxins)	Febre alta, tosse, irritação do sistema respiratório e no peito congestão (exposição por inalação)
Poeira Orgânica, Bioaerossóis (mistura)	Organic dust, bioaerosols	Irritação (ocular, dérmica)
Toxinas/ Patogénico subcelular	Aflatoxins	Efeitos cancerígenos hepatotóxicos e imunossupressores
	Ochratoxin A	Efeitos carcinogénicos, neurotóxicos, teratogénicos e imunotóxicos

As bactérias constituem um risco para saúde quando existe uma exposição a uma concentração muito elevada de algumas espécies destes microrganismos. A bactéria “*thermo actinomycetes*” causa pneumonite de hipersensibilidade, habitualmente conhecida como a doença do pulmão do agricultor (Goyer et al., 2001).

As bactérias “*actinomycetes*” desenvolvem-se no composto húmido, entre 30° a 60°C, são alérgicos respiratórios responsáveis pelo “pulmão do agricultor” (Sykes et al., 2007).

A endotoxinas, que são componentes da parede celular das bactérias gram negativas, provocam doenças agudas como síndrome da poeira orgânica tóxica e, em caso de exposição prolongada, pode provocar inflamação pulmonar crónica (Kim, Kabir, & Jahan, 2017).

A molécula de *glucano*, presente na parede celular dos fungos, está relacionado a reações de hipersensibilidade e redução da função pulmonar (Sykes et al., 2007).

O fungo “*Aspergillus Flavus*” produz as *aflatoxinas*, carcinogénicas e particularmente sob a forma de cancro hepático. A *ocratoxina A* também tem potencial carcinogénico para o homem (Guerreiro et al., 2008)

As micotoxinas, que são produtos secundários gerados pelos fungos, debilitam o sistema imunitário e provocam alergias e irritações (Kim et al., 2017).

Das cerca de 400 micotoxinas identificadas só, aproximadamente, 30 são perigosas para saúde humana, sendo os géneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* os mais prejudiciais, com consequências para a saúde que incluem efeitos cancerígenos, imunossupressores e tóxicos. A exposição por via oral é prejudicial à saúde humana, contudo tem sido reconhecido que a inalação de micotoxinas é mais gravosa podendo causar doença pulmonar (Schlosser, Robert, & Noyon, 2020).

Tabela 7 - Principais espécies de fungos com a identificação das propriedades tóxicas (Schlosser et al., 2020)

Micotoxinas	Principais espécies produtoras de fungos	Propriedades tóxicas associadas
<i>Aflatoxin B1</i>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus parasiticus</i>	Hepatite tóxica Grupo Carcinogénico 1 Genotóxico imunossupressor
<i>Gliotoxin</i>	<i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus terreus</i> , <i>Aspergillus flavus</i>	Citotóxico Genotóxico imunossupressor
<i>Ochratoxin A</i>	<i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium verrucosum</i>	Nefrotóxico Grupo cancerígeno 2B Genotóxico Teratogénico Imunotóxico
<i>Sterigmatocystin</i>	<i>Aspergillus versicolor</i> , <i>Aspergillus nidulans</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus parasiticus</i> , <i>Chaetomium spp.</i>	Grupo cancerígeno 2B Imunotóxico Genotóxico

Durante o processo de tratamento de resíduos o risco de corte provocado por objetos cortantes infetados é muito elevado, sendo as infeções mais frequentes as transmitidas pelos vírus da hepatite B e C (Mol, Cairncross, Greco, & Heller, 2017).

2.2.12 Doenças associadas à exposição do risco biológico na indústria dos resíduos

Vários estudos têm evidenciado a relação entre as atividades desenvolvidas na gestão de resíduos com o aparecimento de doenças, cujos principais sintomas são problemas pulmonares, irritação dos olhos e mucosas e síndrome da poeira orgânica tóxica (“*Organic Dust Toxic Syndrome*”) (Guerreiro et al., 2008).

As doenças infecciosas, os efeitos tóxicos agudos, alergias e cancro, são as consequências mais prejudiciais associadas à exposição aos bioaerossóis, sendo os problemas pulmonares os mais estudados (Kim et al., 2017).

A inalação de bioaerossóis causam efeitos adversos, podendo desenvolver doenças infecciosas e não infecciosas. Em ambos os casos a suscetibilidade individual, a exposição e a virulência são fatores determinantes para agravar os efeitos adversos da doença. Para o desenvolvimento das doenças infecciosas é necessário que os microrganismos estejam vivos, no caso das doenças não infecciosas, é necessário que os microrganismos mantenham as suas propriedades inflamatórias e alergénicas mesmo que estejam mortos. As doenças não infecciosas causam inflamação do aparelho

respiratório (asma, rinite, hipersensibilidade, pneumonite) e efeitos tóxicos, nos órgãos como o fígado, rim, sistema nervoso central (Schlosser, 2019).

Para pessoas imunodeprimidas a exposição a bioaerossóis pode exacerbar o desenvolvimento de algumas doenças como por exemplo, aspergilose, rinite alérgica e asma extrínseca ou alérgica, alveolite pulmonar, vulgarmente conhecido como a “doença do pulmão do agricultor”, doença pulmonar obstrutiva crónica, pneumonite tóxica e irritação das vias aéreas superiores e irritação da membrana mucosa (Vilavert, Figueras, Schuhmacher, Nadal, & Domingo, 2014).

Trabalhadores de instalações de compostagem e gestão de resíduos sofrem mais de problemas respiratórios do que outros, salientando-se as alergias, doenças crónicas do sistema respiratório, irritação da membrana mucosa dos olhos e vias áreas superiores. Acredita-se que as altas concentrações de bactérias e fungos existentes nestas instalações seja a causa responsável por estas afetações na saúde. O fungo *Aspergillus Fumigatus* que provoca feitos alergénicos, tóxicos e invasivos na saúde humana, é o de maior predominância nestas instalações e também o mais prejudicial, seguido do género *Penicillium* que causa doenças respiratórias, como a alveolite alérgica, asma brônquica e rinite alérgica, e das espécies *Mucor* e *Rizopus* que podem provocar zigomicose nos pulmões (Gutarowska et al., 2015).

As instalações de compostagem possuem elevadas concentrações de microrganismos patogénicos, cujas principais afetações da saúde são as doenças infecciosas, alérgicas e tóxicas, principalmente fungos, bactérias actinomycetes (bactérias gram positivas termofílicas) e vírus (Fracchia et al., 2006).

2.2.13 Doenças Profissionais

A DGS define como doença profissional “*toda a doença contraída pelo trabalhador na sequência de uma exposição a um ou mais fatores de risco presentes na atividade profissional, nas condições de trabalho e/ou nas técnicas usadas durante o trabalho*”²².

De acordo com a legislação portuguesa são consideradas doenças profissionais as que constam na lista do Decreto Regulamentar n.º 76/2007, de 17 de julho.

De salientar que a Lei n.º 98/ 2009, que regula o regime de reparação de acidentes de trabalho e doenças profissionais, prevê ainda que possam ser reconhecidas como doenças profissionais lesões corporais, a perturbação funcional ou a doença não incluída na “*Lista das Doenças Profissionais*”, desde que se prove serem consequência necessária e directa da atividade exercida e não representem normal desgaste do organismo.

Qualquer médico, perante uma suspeita fundamentada de doença profissional, “*diagnóstico de presunção*”, tem obrigação de notificar o Departamento de Proteção contra os Riscos Profissionais

²² <https://www.dgs.pt/saude-ocupacional/doencas-profissionais-e-acidentes-de-trabalho/doencas-profissionais.aspx>,
acedido a 25/05/2020

(DPRP) da Segurança Social, mediante o preenchimento prévio da participação obrigatória (modelo GDP 13 – DGSS)²³.

Tabela 8 - Lista de Doença Profissionais reconhecidas provocadas por doenças infecciosas e parasitárias

Microrganismo	Código	Agentes Biológicos	Doenças ou outras manifestações clínicas
<i>Bactérias</i>	51.01	<i>Bacilo tetânico</i>	<i>Tétano (nos casos em que não for considerado acidente de trabalho)</i>
	51.02	<i>Brucelas</i>	<i>Brucelose</i>
	51.03	<i>Bacilos da tuberculose e outras microbactérias</i>	<i>Tuberculose cutânea e/ou sub-cutânea</i> <i>Sinovites</i> <i>Osteoartrites</i> <i>Tuberculose pleural</i> <i>Tuberculose pulmonar</i> <i>Tuberculose renal</i> <i>Tuberculose ganglionar</i> <i>Meningite</i>
	51.04	<i>Estreptococo suis</i>	<i>Todas as formas clínicas</i>
	51.05	<i>Bacilo do carbúnculo</i>	<i>Pústula ou edema malignos</i> <i>Carbúnculo gastrointestinal</i> <i>Carbúnculo pulmonar</i>
	51.06	<i>Rickettsias</i>	<i>Febre Q crónica</i> <i>Outras formas clínicas de rickettsioses</i>
	51.07	<i>Meningococo</i>	<i>Meningite e conjuntivite</i>
	51.08	<i>Estreptococos</i>	<i>Todas as formas clínicas de estreptococia</i>
	51.09	<i>Bacilo da difteria</i>	<i>Todas as formas clínicas de difteria e suas complicações agudas</i> <i>Complicações tardias</i>
	51.10	<i>Estafilococos</i>	<i>Todas as formas clínicas de estafilococia</i>
	51.11	<i>Shigelas</i>	<i>Todas as formas clínicas de shigelose</i>
	51.12	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Todas as formas clínicas</i>
	51.13	<i>Treponema pallidum</i>	<i>Sífilis cutânea</i>
	51.14	<i>Enterobacteriaceas</i>	<i>Todas as formas clínicas</i>
	51.15	<i>Salmonelas</i>	<i>Todas as formas clínicas de salmonelose</i>
	51.16	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Listerioses (infecções focais e sistémicas)</i>
	51.17	<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i>	<i>Erisipelóide (todas as formas clínicas)</i>
	51.18	<i>Francisella tularensis</i>	<i>Todas as formas clínicas de tularémia</i>
	51.19	<i>Chlamydia trachomatis</i>	<i>Tracoma ocular</i>
	51.20	<i>Chlamydia psittaci</i>	<i>Ornitose-Psitacose e suas complicações</i>
	51.21	<i>Borrelias</i>	<i>Doença de Lyme (todas as formas clínicas)</i>
	51.22	<i>Pasteurelas</i>	<i>Todas as formas clínicas de pasteurolose</i>
	51.23	<i>Leptospiras</i>	<i>Todas as leptospiroses</i>
<i>Vírus</i>	52.01	<i>Raiva</i>	<i>Todas as formas clínicas de raiva</i> <i>Complicações imputáveis à vacinação</i>
	52.02	<i>Hepatite (todos os agentes):</i> <i>Vírus da Hepatite A, Vírus da Hepatite B, Vírus da Hepatite C, Outros vírus</i>	<i>Todas as formas clínicas de hepatite vírica:</i> <i>Hepatite A</i> <i>Hepatite B e suas complicações</i> <i>Hepatite C e suas complicações</i> <i>Outras hepatites víricas (não A e não B)</i>
	52.03	<i>Poliomielite</i>	<i>Vírus da poliomielite</i>
	52.04	<i>Varicela-zoster</i>	<i>Varicela e suas complicações</i>
	52.05	<i>Rubéola</i>	<i>Rubéola e suas complicações</i>
	52.06	<i>Sarampo</i>	<i>Sarampo e suas complicações</i>
	52.07	<i>Parotidite</i>	<i>Parotidite e suas complicações</i>
<i>Parasitas</i>	53.01	<i>Entamoeba histolítica</i>	<i>Disenteria</i> <i>Abcesso hepático</i>
	53.02	<i>Ancilostoma duodenal</i>	<i>Ancilostomíase e, designadamente, anemia, hepatite, insuficiência cardíaca congestiva ou outras formas clínicas</i>
	53.03	<i>Echinococcus granulosus</i>	<i>Hidatidose</i>
	53.04	<i>Trichinella spiralis</i>	<i>Triquinose (todas as formas clínicas)</i>
<i>Fungos</i>	54.01	<i>Cryptococcus neoformans</i>	<i>Criptococose</i>
	55.01	<i>Plasmodium (todas as espécies)</i>	<i>Todas as formas clínicas de malária</i>

²³ <https://www.sns.gov.pt/sns-saude-mais/saude-no-trabalho/>, acessido a 18/07/2020

Microrganismo	Código	Agentes Biológicos	Doenças ou outras manifestações clínicas
Agentes de doenças tropicais	55.02	<i>Shistosomas (todas as espécies)</i>	<i>Todas as formas clínicas de shistosomíase</i>
	55.03	<i>Oncocercos</i>	<i>Todas as filariases</i>
	55.04	<i>Tripanosomas</i>	<i>Doença do sono (Tripanosomíase africana)</i>
	55.05	<i>Vibrio cholerae</i>	<i>Cólera</i>
	55.06	<i>Vírus de Lassa, vírus Ébola e de Mar</i> <i>Vírus do Congo-Crimeia e Hantavírus</i>	<i>Febres hemorrágicas</i>
	55.07	<i>Outras doenças tropicais</i>	<i>Outros quadros clínicos de doenças tropicais</i>

2.2.14 Gestão do Risco Profissional

A gestão de risco é um processo que identifica perigos e fatores de risco com potencial para causar danos (identificação de perigos), analisa e avalia os riscos associados a esses perigos (avaliação de riscos) e determina ações para os eliminar ou controlar riscos que não podem ser eliminados (controlo de risco)²⁴.

O objectivo do processo de gestão de riscos é identificar os perigos que possam surgir no decurso das atividades e garantir que os riscos para as pessoas, decorrentes dos perigos identificados, são apreciados, hierarquizados e controlados para um nível aceitável (APCER, 2010).

Segundo a norma ISO 3100:2018 o “*processo de gestão de risco envolve a aplicação sistemática de políticas, procedimentos e práticas nas atividades de comunicação e consulta, estabelecimento do contexto e na apreciação, tratamento, monitorização, revisão, registo e reporte do risco*” (ISO, 2018).

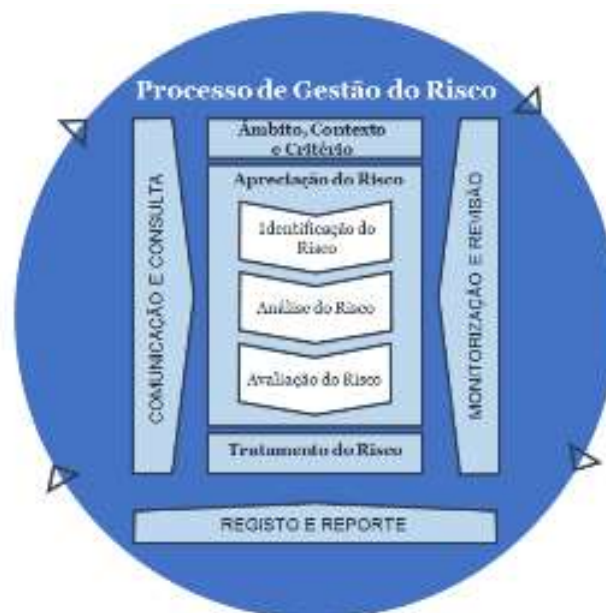


Figura 9 - Gestão de Risco, de acordo com a ISO 31000:2018 (ISO, 2018)

A gestão de risco profissional é um processo contínuo, alicerçado em conhecimentos técnico-científicos, com objetivo de eliminar ou controlar os fatores de risco visando a prevenção de acidentes de trabalho e doenças profissionais (Matos et al., 2010).

²⁴ https://www.ccohs.ca/oshanswers/hsprograms/risk_assessment.html, acessado 18/07/2020

A análise, a avaliação e controlo do risco são fases essenciais para uma correta avaliação de riscos profissionais, constituindo uma ferramenta para a gestão da segurança e saúde no trabalho (Rodrigues et al., 2013).

Identificação do Perigo

Corresponde à primeira etapa do processo de avaliação de riscos e consiste na análise dos aspetos do trabalho que podem causar danos, quer em termos de lesões físicas, ferimentos, danos na saúde ou uma combinação destes. Pressupõem a identificação dos trabalhadores expostos à fonte, situação ou evento com potencial para o dano (EU-OSHA, 2008), (ISO, 2012), (ISO, 2018).

Consiste na observação das condições de execução da tarefa, com especial atenção para os principais efeitos negativos, seguindo-se a identificação dos trabalhadores expostos aos potenciais riscos. Trabalhadores mais vulneráveis como grávidas, lactantes, puérperas, jovens, trabalhadores com deficiência imunitária, etc, devem ser objeto de especial atenção (Rodrigues et al., 2013).

A fase de observação e análise das tarefas obriga ao avaliador identificar fatores de riscos potenciais, como o biológico, químico, físico, psicossocial e ergonómico (Matos et al., 2010).

Análise do Risco

A análise do risco pressupõe a compreensão da natureza do risco de maneira que o avaliador possa estimar o seu nível. Esta apreciação é função da consequência da exposição ao evento ou acontecimento perigoso, com a probabilidade e possibilidade da ocorrência deste acontecimento (ISO, 2012).

Avaliação do risco

Consiste na comparação dos resultados da análise do risco obtidos, com os critérios de risco definidos em legislação, normas ou outros requisitos, para decisão se o risco é ou não aceitável (ISO, 2012).

A avaliação do risco visa reconhecer a aceitabilidade do mesmo comparando-o com padrões de referência, permitindo priorizar as medidas corretivas a implementar (Matos et al., 2010).

Tratamento de Risco/ Controlo do risco

Esta etapa consiste em reduzir o risco existente para um nível tolerado/ aceitável, através da implementação de medidas de controlo, seguindo a seguinte hierarquia:

1. Eliminação – adoção de novas técnicas, de modo a eliminar o perigo na origem.
2. Substituição – por exemplo, substituição de um determinado produto por outro com o mesmo desempenho, com menor perigosidade.
3. Controlos técnicos/ engenharia – por exemplo, alteração de um equipamento com introdução de barreiras mecânicas, de modo a eliminar a possibilidade de contacto dos trabalhadores com as peças móveis da máquina.
4. Sinalização/ aviso e/ou controlos administrativos – por exemplo, sinalética de segurança e emergência, marcações de passagens pedonais, alarmes, sinais de aviso.
5. Equipamento de proteção individual – por exemplo, utilização de calçado de segurança, capacetes, luvas, óculos, auriculares de proteção (Rodrigues et al., 2013).

O processo de gestão de risco profissional deve ser revisto sempre que se detete um risco não identificado, proveniente de uma não conformidade ou um acidente de trabalho, modificações nas infraestruturas, equipamentos ou processo produtivos, alterações significativas na legislação e sempre que surjam oportunidades de melhoria (APCER, 2010), (ISO, 2012), (ISO, 2018).

Acompanhamento e Revisão

O processo de avaliação de risco deve ser revisto regularmente e atualizado sempre que ocorram acidentes de trabalho, mudanças ou alterações significativas das tarefas (EU-OSHA, 2008).

2.3 Enquadramento Legal e Normativo

2.3.1 Enquadramento Legal

Promoção da Segurança e Saúde no Trabalho

- Diretiva n.º 2007/30/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de junho de 2007, que altera a Diretiva n.º 89/391/CEE do Conselho, relativa à aplicação de normas comunitárias relativas à segurança e saúde dos trabalhadores;
- Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro, republicada na Lei n.º 03/2014 de 28 de janeiro, que aprova o regime jurídico da promoção para a segurança e saúde no trabalho.

Exposição a Agentes Biológicos

- Diretiva n.º 2000/54/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de setembro de 2000, que altera a Diretiva n.º 89/391/CEE do Conselho, relativa à proteção dos trabalhadores contra riscos ligados à exposição a agentes biológicos durante o trabalho;
- Decreto-Lei n.º 84/97, de 16 de abril, que estabelece as prescrições mínimas de proteção da segurança e da saúde dos trabalhadores contra os riscos da exposição a agentes biológicos durante o trabalho;
- Portaria n.º 1036/98, de 15 de dezembro, que altera a lista dos agentes biológicos classificados para efeitos da prevenção de riscos profissionais, aprovada pela Portaria n.º 405/98, de 11 de junho.

Qualidade do Ar Interior

- Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, que aprova o sistema de certificação energética dos edifícios, o regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação e o regulamento de desempenho dos edifícios de comércio de serviços e, transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios;
- Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro, que estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e existentes e a respetiva metodologia de avaliação.

Reparação de Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais

- Lei n.º 98/2009, de 4 de setembro, que regulamenta o regime de reparação dos acidentes de trabalho e doenças profissionais;
- Decreto Regulamentar n.º 76/2007, de 17 de junho, que altera a lista das doenças profissionais e o respetivo índice codificado, aprovado no Decreto Regulamentar n.º 6/2001, de 5 maio.

2.3.2 Enquadramento Normativo

- EN 13098:2019 - Workplace exposure - Measurement of airborne microorganisms and microbial compounds - General requirements.
- EN 14031:2003 - Workplace atmospheres. Determination of airborne endotoxins.
- EN 14583:2004 Workplace atmospheres - Volumetric bioaerosol sampling devices - Requirements and test methods.

A figura 10 esquematiza a inter-relação existente entre as diversas referências legais e normativas.

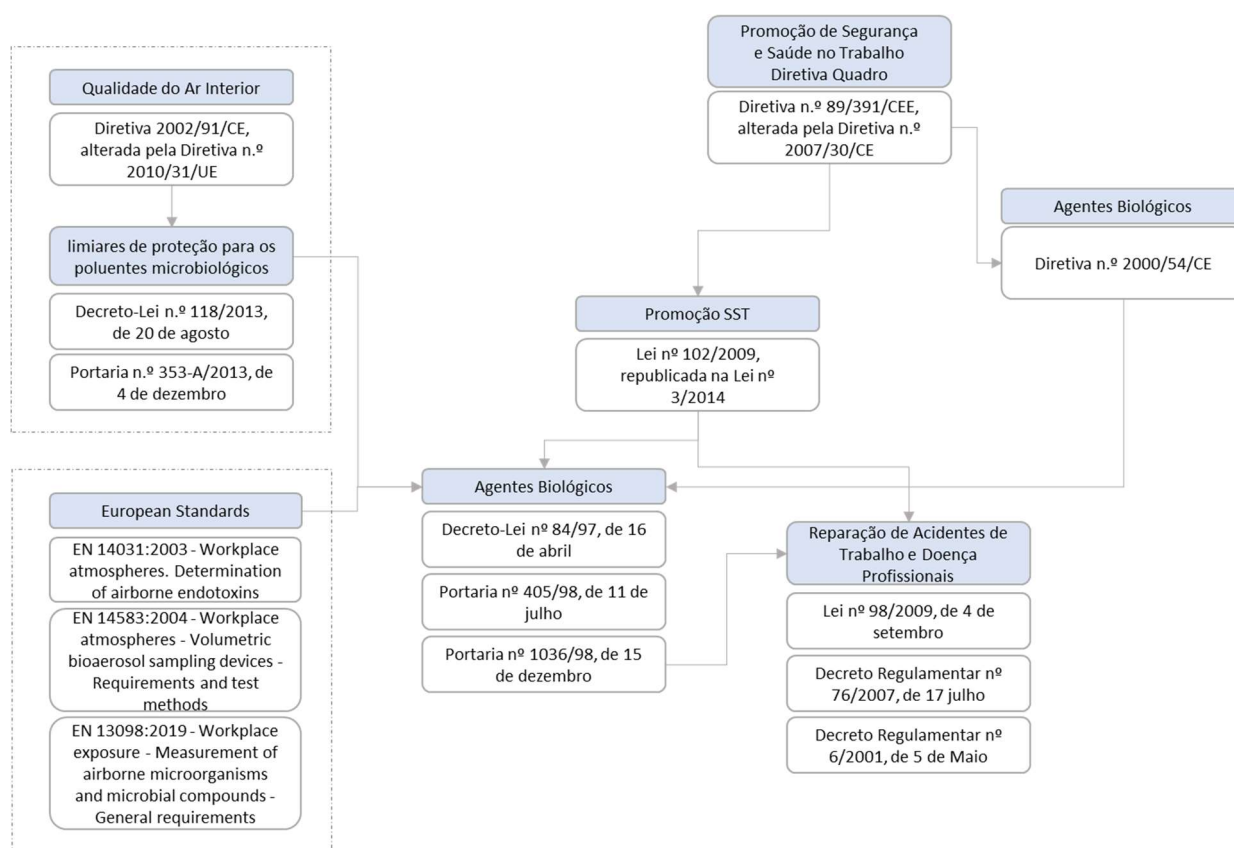


Figura 10 - Enquadramento Legal e Normativo

2.4 Conhecimento Científico

A economia tem apontado para soluções ambientalmente sustentáveis e a multiplicação dos empregos verdes é consequência destas políticas.

Nos últimos 20 anos, Portugal evoluiu das lixeiras para as unidades de tratamento mecânico biológico e esta evolução veio criar mais empregos verdes neste setor. Este desenvolvimento tecnológico obriga os trabalhadores a uma maior exposição ao risco biológico, uma vez que exercem a sua atividade num processo cuja matéria prima são os resíduos indiferenciados.

Na exposição não intencional ao risco biológico, como é o caso das novas tecnologias ambientais para valorização de resíduos, são difíceis de reconhecer e quantificar o risco e as consequências para a saúde. A agravar esta circunstância não existem valores limite de exposição nem metodologias reconhecidas e acreditadas de estudos de higiene ocupacional para agentes biológicos (Gutarowska et al., 2015).

Assim, o objetivo desta investigação foi encontrar uma metodologia de avaliação de riscos adequada ou adaptável à exposição a agentes biológicos.

É importante que a metodologia encontrada antecipe situações de eventuais doenças que só se manifestem a médio e longo prazo, pois só assim as medidas de controlo a implementar serão eficazes.

2.4.1 Estratégia de Pesquisa utilizada

Para tentar encontrar uma metodologia adequada para a avaliação de risco para a exposição a agentes biológicos nas atividades de gestão de resíduos, nomeadamente no tratamento mecânico e biológico, procedeu-se a uma revisão sistemática de acordo com o critério PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses)²⁵.

As fontes consultadas foram as bases de dados “Scopus”, “Web of Science”, “PubMed/Medline” e “Science Direct”, disponíveis nos serviços de Documentação e Informação, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. A pesquisa foi efetuada em língua inglesa durante os meses de fevereiro a maio de 2020, utilizando o operador booleano do termo “AND”.

Foram utilizadas 30 combinações de palavras-chave, nas 4 bases de dados, sendo que a primeira palavra-chave foi “*risk assessment*” ou “*risk appraisal*”, a segunda foi “*mechanical biological treatment*” ou “*municipal solid waste*” e a terceira palavra-chave foi sendo variável.

²⁵ <https://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1000097>, acedido em 09/05/2020

Tabela 9 - Resumo da pesquisa bibliográfica com base na metodologia PRISMA

1º Palavra Chave	2º Palavra Chave	3º Palavra Chave	Web of Science		Scopus		PubMed		Science Direct	
			Art. Ident.	Art. Eleg.	Art. Ident.	Art. Eleg.	Art. Ident.	Art. Eleg.	Art. Ident.	Art. Eleg.
Risk Assessment	Mechanical biological treatment		51	7	441	5	283	7	13	4
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Safety	7	2	53	2	28	1	1	1
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Health and safety	3	2	8	2	1	0	1	1
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Biohazard	0	0	0	0	1	0	0	0
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Biological hazard	6	3	35	8	13	3	3	3
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Biorisk	0	0	0	0	0	0	0	0
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Microorganism	4	1	7	0	3	0	0	0
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Organic dust toxic syndrome	0	0	0	0	0	0	0	0
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Microbiological pollutants	0	0	2	2	7	2	0	0
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Indoor Air Quality	0	0	1	0	6	1	0	0
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Pathologies	1	0	35	0	43	0	0	0
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Breath disease	0	0	1	0	0	0	0	0
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Human health risk	2	0	83	9	74	8	0	0
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Bioaerosols	4	4	7	5	5	3	2	2
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Bacteria and fungi	1	0	3	2	27	3	0	0
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Biological agents	4	1	122	3	123	4	1	1
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Biological risk	51	7	441	5	283	7	13	4
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Microbiological	1	0	9	2	28	3	0	0
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Airborne bacteria	0	0	0	0	8	2	0	0
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Parasites	0	0	1	0	0	0	0	0
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Fungi	4	2	5	3	27	3	1	1
Risk Assessment	Mechanical biological treatment	Virus	0	0	10	0	4	0	0	0
Risk Assessment	Municipal solid waste	Microbiological	5	1	10	2	28	6	1	0
Risk Assessment	Municipal solid waste	Airborne bacteria	0	0	0	0	4	4	0	0
Risk Assessment	Municipal solid waste	Parasites	1	0	0	0	0	0	0	0
Risk Assessment	Municipal solid waste	Virus	5	2	11	2	3	3	0	0
Risk Assessment	Municipal solid waste	Fungi	9	3	10	4	11	5	1	0
Risk Appraisal	Mechanical biological treatment	--	1	0	1	0	2	0	0	0
Risk Appraisal	Waste management	--	43	1	74	2	27	3	10	0
Risk Appraisal	Municipal solid waste	--	7	1	5	0	3	0	1	0

Dada a reduzida existência de artigos científicos encontrados na pesquisa com as combinações das palavras-chave não foram utilizados critérios de exclusão, como a data, tipo de documento, tipo de artigo, tendo sido identificados 2675 artigos científicos.

Dos 2675 artigos identificados foram rejeitados os que não estavam diretamente associados ao objetivo, ficando 180 artigos elegíveis. Foram removidos 156 artigos por serem duplicados, tendo permanecido 24 artigos elegíveis.

Durante a pesquisa científica, as bases de dados “*Web of Science*” e “*PubMed/Medline*”, identificaram outros artigos científicos não vinculados às palavras-chave utilizadas, 5 dos quais foram acrescentados à lista dos 24 elegíveis, totalizando 29 artigos.

Após a leitura dos 29 artigos foram excluídos 12 por não aportarem informação relevante, restando 17.

A figura 12 representa o fluxograma da metodologia PRISMA.

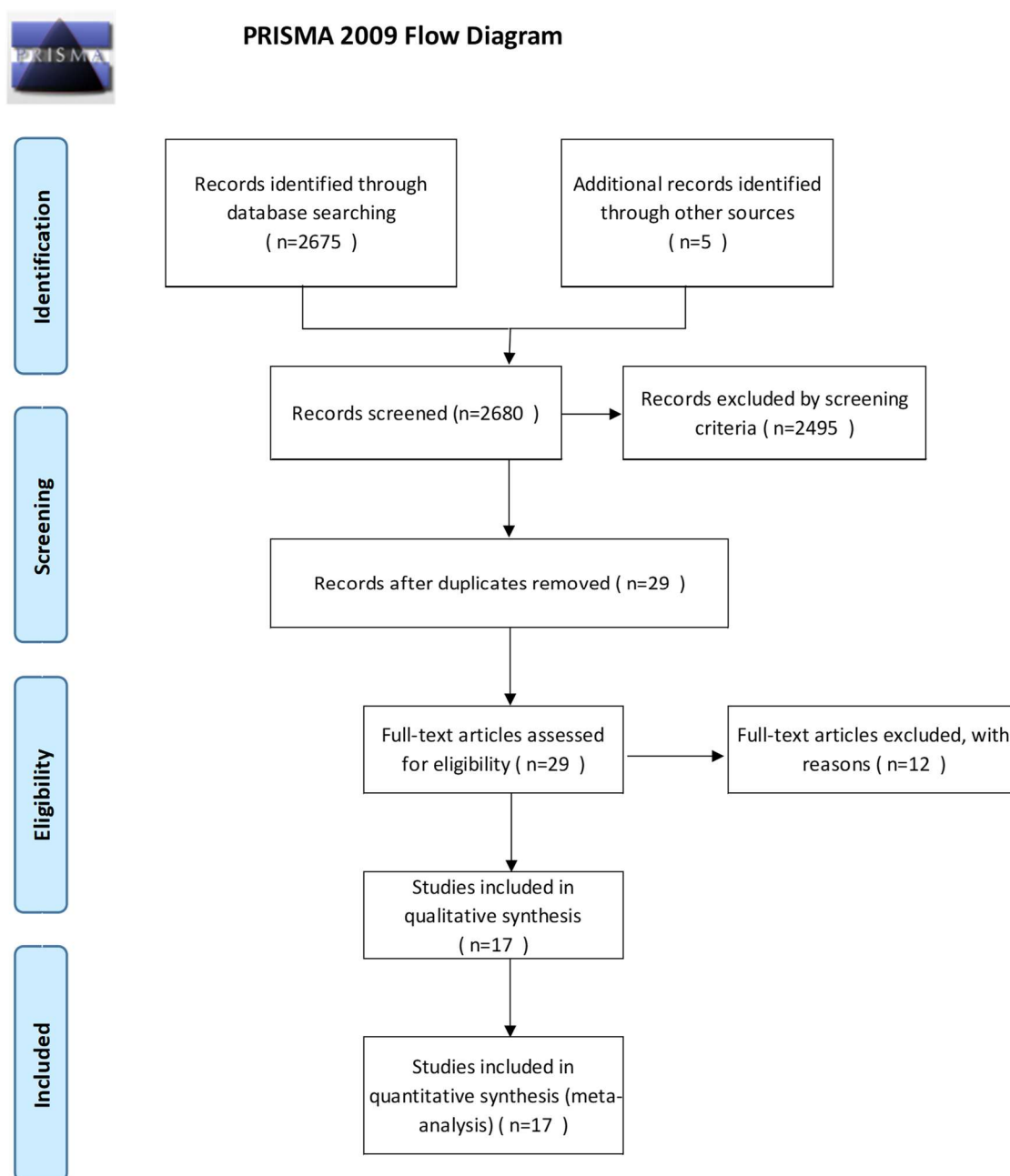


Figura 11 - Diagrama da metodologia PRISMA aplicado à revisão sistemática da literatura

Os 17 artigos científicos estudados apresentam-se sintetizados na tabela 10. Não obstante, foram elaboradas duas tabelas adicionais, que se encontram no Apêndice. A tabela 23 para facilitar a comparação dos artigos estudados em relação aos objetivos, materiais e métodos, resultados e conclusões e a tabela 24 para selecionar informação relevante e necessária à avaliação de riscos.

Tabela 10 - Síntese dos artigos selecionados na revisão bibliográfica

Autores	Ano	Título	Síntese
<i>Lolita Vilaverdt & Martí Nadal & María J. Figueras & José L. Domingo</i>	2012	Volatile organic compounds and bioaerosols in the vicinity of a municipal waste organic fraction treatment plant. Human health risks	O objetivo deste estudo foi analisar as concentrações de ar poluentes químicos e microbiológicos nas proximidades da unidade de TMB do Ecopark 2.
<i>Lolita Vilaverdt, María J. Figueras, Marta Schuhmacher, Martí Nadal & José L. Domingo</i>	2014	Formaldehyde: A chemical of concern in the vicinity of MBT	O objetivo deste estudo foi fazer um acompanhamento do estudo de 2010, publicado em 2011.
<i>José L. Domingo, Joaquim Rovira, Lolita Vilaverdt, Martí Nadal, María J. Figueras, Marta Schuhmacher</i>	2015	Health risks for the population living in the vicinity of an Integrated. Waste Management Facility: Screening environmental pollutants	O objetivo deste estudo foi analisar as concentrações de poluentes químicos e microbiológicos nas proximidades do TMB.
<i>Peter Sykes, Ken Jones, John. D. Wildsmith</i>	2007	Managing the potential public health risks from bioaerosol liberation at commercial composting sites in the UK: An analysis of the evidence base	Este artigo identifica as limitações para a avaliação de riscos potenciais à saúde pública provocados pela exposição a bioaerossóis provenientes das novas tecnologias de tratamento de resíduos (TMB, digestão anaeróbia e compostagem).
<i>Fracchia, L., Pietronave, S., Rinaldi, M. Martinotti, M.G</i>	2006	The assessment of airborne bacterial contamination in three composting plants revealed site-related biological hazard and seasonal variations	Avaliar a contaminação bacteriana em 3 unidades de compostagem
<i>Olivier Schlosser</i>	2019	Bioaerosols and health: current knowledge and gaps in the field of waste management	Pesquisa bibliográfica sobre as consequências na saúde associadas à exposição a bioaerossóis na atividade de gestão de resíduos
<i>Erwan Cheneval, Marc-Antoine Busque, Claude Ostiguy, Jacques Lavoie, Robert Bourbonnais, France Labrèche, Bouchra Bakhiyi and Joseph Zayed</i>	2015	Green Jobs Definition and Method of Appraisal of Chemical and Biological Risks	Definir uma metodologia para avaliação de risco para agentes biológicos e químicos para os “empregos verdes”
<i>Olivier Schlosser, Samuel Robert, Naïke Noyon</i>	2020	Airborne mycotoxins in waste recycling and recovery facilities: Occupational exposure and health risk assessment	Avaliar a exposição aérea à Aflatoxina B1, Echratoxina A, Gliotoxina e Sterigmatocistina nas instalações de gestão de resíduos
<i>Gabriele Donzelli, Lorenzo Cioni, Marco Verani</i>	2017	Is waste collection associated with hepatitis B infection?	Pesquisa bibliográfica sobre a infeção pelo vírus VHB em trabalhadores das instalações de gestão de resíduos
<i>Annalaura Carducci, Gabriele Donzelli, Lorenzo Cioni and Marco Verani</i>	2016	Quantitative Microbial Risk Assessment in Occupational Settings Applied to the Airborne	Desenvolver um modelo de avaliação de risco associado à inalação de bioaerossóis contaminados com adenovírus humano HAdV – foi o agente patogénico de referência para o modelo de avaliação de riscos
<i>Beata Gutrowska, Justyna Skóra, Łukasz Stępień, Bogumiła Szponar, Anna Otlewska & Katarzyna Pielech-Przybylska</i>	2015	Assessment of microbial contamination within working environments of different types of composting plants	Fornecer uma lista de microrganismos que podem representar ameaça nas instalações de compostagem, através da identificação do microrganismo, do tamanho das partículas de bioaerosol e concentração de endotoxinas
<i>Carmela Romana Natalina Corrao, Adele Mazzotta, Giuseppe La Torre e Maria De Giusti</i>	2012	Biological Risk and Occupational Health	Identificar agentes biológicos existentes em diferentes setores de atividade profissional

Autores	Ano	Título	Síntese
<i>Isabelle Dkportes, Jean-Louis Benoit-Guyed, Denis Zmiroub</i>	1995	Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review	Pesquisa bibliográfica para consolidar o conhecimento sobre o risco de saúde provocado pela utilização do composto (produto final do processo do TMB)
<i>Ki-Hyun Kim, Ehsanul Kabir, Shamin Ara Jahan</i>	2017	Airborne bioaerosols and their impact on human health	Fornece uma visão geral das consequências para a saúde da exposição a bioaerossóis
<i>Outi K. Tolvanen, Kari I. Ha'ninen</i>	2005	Mechanical-biological waste treatment and the associated occupational hygiene in Finland	Divulga os resultados, de um estudo decorridos entre 1998 e 2000, para as concentrações de poeiras, microrganismos e endotoxinas, da primeira unidade TMB da Filândia
<i>M. Farrell, D.L. Jones</i>	2009	Critical evaluation of municipal solid waste composting and potential compost markets	Pesquisa bibliográfica sobre as potenciais utilizações do composto (produto final do TMB)
<i>Mahnaz Nikaeen; Maryam Hatamzadeh; Akbar Hasanzadeh; Ebrahim Sahami; Iraj Joodan</i>	2008	Bioaerosol emissions arising during application of municipal solid-waste compost	Avaliar as concentrações de fungos e bactérias libertadas na utilização de composto.

Três dos dezanove artigos estudados referem-se a TMB existentes na Catalunha e foram desenvolvidos por (Vilavert, Nadal, Figueras, & Domingo, 2011), (Vilavert et al., 2014) e (Domingo et al., 2015). Esses artigos tiveram como objetivo analisar a concentração de poluentes microbiológicos nas imediações das unidades. Apesar do âmbito dos estudos não estar relacionado com a exposição ocupacional, permitiu confirmar que para a identificação dos microrganismos é necessário utilizar uma metodologia que consiste na recolha e análise de amostras do ar utilizando meios de cultura. Concluíram que existe uma variação nos resultados obtidos que advém da própria composição dos resíduos urbanos e, sobretudo, da falta de uniformização das metodologias para identificação e quantificação dos microrganismos.

No caso do autor (Sykes et al., 2007) o artigo científico teve como objetivo medir a exposição, estabelecer os seus efeitos adversos e determinar o risco de exposição a bioaerossóis na atividade de TMB. Concluíram que, a falta de metodologias acreditadas, a inexistência de valores de referência para agentes biológicos e variação da composição e concentração dos bioaerossóis, limitam a aplicabilidade da metodologia de avaliação de riscos.

Os autores (Fracchia et al., 2006) apresentam no seu artigo a avaliação de três unidades de compostagem em Itália, com ligeiras alterações no processo de tratamento de gestão de resíduos, e confirmaram que a falta de padronização de métodos amostrais é uma lacuna e que a exposição a bioaerossóis constitui um risco para a saúde dos trabalhadores.

O artigo científico desenvolvido por (Schlosser, 2019) apresenta os resultados de uma pesquisa bibliográfica sobre o tema exposição a bioaerossóis na atividade de gestão de resíduos, particularmente nas unidades de TMB e compostagem e confirma que exposições elevadas a fungos e bactérias têm impacto na saúde dos trabalhadores e admite a falta de métodos padronizados para a avaliação quantitativa da exposição a bioaerossóis.

Os autores (Cheneval et al., 2015) apresentam, no artigo científico, um método de avaliação de exposição a agentes biológicos que consiste numa matriz de dupla entrada que cruza a exposição e a gravidade para obter o nível de risco.

Em França no ano de 2020, foi publicado um artigo, desenvolvido por (Schlosser et al., 2020), cujo objetivo foi a avaliação a exposição a micotoxinas com efeitos potencialmente cancerígenos em instalações de gestão de resíduos. Concluíram que os níveis de risco avaliados foram tão baixos que podem ser considerados desvalorizáveis.

O autor (Mol et al., 2017), após pesquisa bibliográfica sobre o risco de infeção causado pelo vírus VHB nos trabalhadores da atividade de gestão de resíduos, elaborou um artigo cuja conclusão evidencia que o risco de infeção é maior quando estes não têm imunidade.

Os autores italianos (Carducci et al., 2016) apresentam no seu artigo científico um modelo de avaliação de risco microbiano associado à inalação de bioaerossóis contaminados com adenovírus humano (HAdV) e verificaram uma tendência de probabilidade de infeção com o aumento do tempo de exposição. Concluíram que a simples presença de agentes biológicos implica a utilização de equipamentos de proteção individual, uma vez que não estão estabelecidos valores limites de exposição.

Os investigadores polacos (Gutarowska et al., 2015) apresentam no seu artigo os resultados de um trabalho de pesquisa em unidades de compostagem com o objetivo de determinar a concentração e o tamanho das partículas, assim como listar o tipo de microrganismos mais comuns. Concluíram que devem ser adotados os requisitos definidos nas normas europeias EN 13098, EN 14031, EN 14042 e, EN14583 como metodologias para identificar e quantificar os microrganismos.

A (Corra et al., 2012) no seu artigo publicado sobre riscos biológicos e saúde ocupacional, confirma a opinião defendida por outros investigadores desta temática, que a inexistência de valores limite, a impossibilidade de estabelecer a relação dose-efeito e a dificuldade de proceder à avaliação de riscos nos casos em que a exposição a agentes biológicos não é intencional, impossibilita valorizações adequadas de risco.

O artigo científico de (Déportes, Benoit-Guyod, & Zmirou, 1995), apresenta os resultados de uma pesquisa bibliográfica sobre o impacto na saúde decorrentes da utilização de composto orgânico, proveniente de resíduos urbanos. Foi confirmada a existência de contaminantes biológicos no composto e que o principal risco ocorre pela inalação destes. Concluíram que o risco para a saúde é maior durante a fase de produção de composto.

Os autores (Kim et al., 2017) estudaram os bioaerossóis e o seu impacto na saúde humana. No seu artigo identificam diferentes métodos de amostragem aplicados aos bioaerossóis, a sua constituição e os potenciais efeitos na saúde humana. À semelhança de outros autores confirmam que a falta de valores de referência e normas padronizadas para a amostragem constitui a principal dificuldade na interpretação dos resultados.

Os investigadores (Tolvanen & Hänninen, 2005) publicam no seu artigo os resultados de um estudo, elaborado entre 1998 a 2000, sobre a exposição a bioaerossóis, na primeira unidade de TMB da Finlândia. Identificam, no estudo, a metodologia utilizada para a amostragem, detalham os diferentes valores de concentrações obtidas em várias áreas do processo de TMB, constataam a existência de um problema de saúde nas unidades TMB e sugerem a utilização de máscaras de proteção com classe P3.

O artigo desenvolvido por (Farrell & Jones, 2009) não está relacionado com a segurança e saúde ocupacional, visa antes propor diferentes alternativas possíveis para a utilização do composto orgânico resultante do TMB.

O artigo desenvolvido por (Nikaeen, Hatamzadeh, Hasanzadeh, Sahami, & Joodan, 2008) não está relacionado com exposição ocupacional nas atividades de TMB, mas aborda os potenciais danos causados à saúde pelos utilizadores do composto orgânico

2.5 Objetivos da Dissertação

A atividade de gestão de resíduos está identificada, no Decreto-Lei nº 84/97 de 16 de abril, como um trabalho que envolve a exposição a agentes biológicos. De acordo com este diploma a proteção dos trabalhadores baseia-se na avaliação de risco de exposição, que permite posteriormente, determinar medidas de proteção adequadas para evitar a exposição dos trabalhadores a esse risco.

Neste sentido, o objetivo geral da dissertação consiste em comparar quatro métodos de avaliação de risco, de natureza semiquantitativa, especificamente concebidos para a exposição a agentes biológicos. Após a comparação deve aferir-se qual o método mais adequado e aplicável às atividades de gestão de resíduos, em particular na atividade do tratamento mecânico e biológico.

A escolha do TMB para realizar a avaliação de riscos de exposição a agentes biológicos, assenta no facto de esta ser uma tecnologia ambiental em crescimento, alicerçada numa estratégia de promoção e criação de “empregos verdes”, associados ao desenvolvimento sustentável e a conceitos de economia circular, que não significam por si só trabalhos seguros, pelo que a segurança e saúde devem ser acauteladas.

Para estruturar a concretização do objetivo geral foram estabelecidos os seguintes objetivos secundários:

- Identificar microrganismos existentes nos subprocessos das atividades do TMB;
- Discriminar as implicações clínicas, ou as consequências na saúde, provocadas pela exposição aos diferentes microrganismos;
- Confirmar a classificação dos microrganismos segundo os critérios de vários países;
- Aplicar as quatro metodologias de risco – método NTP 833, método MIAR^{Biowaste} adaptado do método MIAR, método DGS e o método IRSST, variando a classificação dos microrganismos segundo o critério de vários países (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2009), (Antunes, Baptista, & Diogo, 2010), (DGS, 2013), (Cheneval et al., 2015);
- Identificar as vantagens e limitações de cada método de avaliação;
- Selecionar a melhor metodologia de avaliação de risco para este efeito.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Metodologias de Avaliação de Risco

Foram selecionadas quatro metodologias para efetuar avaliação de riscos de exposição a agentes biológicos na atividade de gestão de resíduos, no processo de tratamento mecânico e biológico:

- Metodologia identificada pela DGS;
- Metodologia identificada pelo Instituto de Pesquisa de Segurança e Saúde Ocupacional Robert-Sauvé (IRSST) do Canadá;
- Metodologia do Instituto Nacional de Segurança e Saúde no Trabalho de Espanha – Nota Técnica n.º 833;
- Metodologia MIAR da autoria de (Antunes et al., 2010), com retificação nos parâmetros de avaliação.

Em 2013 no seu programa de saúde ocupacional, a DGS definiu como metodologia de avaliação de risco biológico uma matriz de dupla entrada que cruza a probabilidade da ocorrência com a gravidade da lesão. A probabilidade de ocorrência corresponde à exposição do trabalhador e o nível de gravidade está associado ao grupo do agente biológico. O resultado da avaliação permite determinar a estimativa e valorização do risco. Os níveis de risco resultantes variam entre “*ligeiro*”, “*pouco grave*”, “*moderado*”, “*bastante grave*” e “*muito grave*” (DGS, 2013).

A descrição dos parâmetros de ponderação associados à metodologia DGS encontra-se no Anexo 1.

O método IRSST consiste numa avaliação de dupla entrada que cruza verticalmente a classificação internacional dos agentes biológicos e horizontalmente com a exposição, sendo que a exposição é obtida através da soma do nível de controlo (C – Control levels) e a taxa de geração (G – generation rate) (Lavoie et al., 2013).

Este método tem a vantagem de permitir determinar qual o equipamento de proteção respiratória mais adequado, pois define para cada nível de risco os fatores de proteção (APF Assigned Protection Factor) (Lavoie et al., 2013).

A descrição dos parâmetros de ponderação associados à metodologia IRSST encontra-se no Anexo 2.

O método NTP 833, do Instituto Nacional de Segurança e Saúde no Trabalho Espanhol, está direcionado para uma avaliação de risco nas atividades onde a utilização de agentes biológicos não é intencional. Esta metodologia pode ser aplicada quer para agentes biológicos infecciosos, quer para agentes biológicos não infecciosos. No primeiro caso os níveis de consequência são definidos pelos 4 grupos de riscos biológico classificados internacionalmente, no segundo caso o nível de consequência corresponde a 4 categorias possíveis em função dos efeitos tóxicos, alergénicos ou cancerígenos dos microrganismos. Independentemente da infecciosidade do agente biológico a avaliação de risco resulta do cruzamento do nível de exposição com o nível de consequência (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2009).

A descrição dos parâmetros de ponderação associados à metodologia NTP 833 encontra-se no Anexo 3.

Seguindo a abordagem da metodologia de “*avaliação integrada de riscos ocupacionais e ambientais* (MIAR)”, dos autores (Antunes et al., 2010), foi proposta uma alteração à descrição dos parâmetros de avaliação, para ir ao encontro da exposição a agentes biológicos infecciosos e não infecciosos de forma não intencional nas atividades de gestão de resíduos, e das bandas de valorização, por forma a todas terem 5 níveis. Também foi alterada a fórmula de cálculo para a obtenção do nível de risco, sendo que este é resultado da multiplicação dos parâmetros da gravidade, extensão de impacte, frequência e desempenho dos sistemas de prevenção e controlo.

$$\text{Nível de Risco (NR)} = \text{Gravidade (G)} \times \text{Extensão do Impacte (EI)} \times \text{Frequência (F)} \times \text{Desempenho sistemas prevenção e controlo (PC)}$$

Para determinar a priorização nas situações, optou-se por multiplicar o nível de risco, obtido pela fórmula anterior, pelos critérios de priorização de intervenção.

A descrição dos parâmetros de ponderação associados à metodologia MIAR^{Biowaste} encontra-se no Anexo 4.

A tabela 11 resume as principais características utilizadas pelos quatro métodos.

Tabela 11 - Características das Metodologias de Avaliação de Risco Biológico

	Método da DGS	Método IRSST	Método NTP 833	Método MIAR (biowaste)
Agentes biológicos infecciosos (agentes biológicos classificados)	X	X	X	X
Agentes biológicos não infecciosos (agente biológico não classificado, mas com potencial alergénico e/ ou tóxico)			X	X
Probabilidade	X			
Exposição		X	X	X
Taxa de geração (formação de bioaerossóis)		X	X	X
Frequência de contacto		X	X	X
Nível de controlo/ desempenho do sistema de prevenção e controlo		X		X
Prioridades na gestão de risco	X		X	X
Prioridade na gestão de risco – definição EPI		X		

3.2 Descrição do processo TMB

3.2.1 Tratamento Mecânico

Os resíduos urbanos são descarregados pelos camiões na zona de receção do TMB, de onde são transportados, por uma pá carregadora, para um bunker doseador com piso móvel.



Figura 12 - Receção resíduos TMB

Este equipamento encaminha os resíduos de forma doseada para a cabine de pré-triagem através de um tapete rolante. É nesta cabine que são removidos:

- Resíduos volumosos e contaminantes, prevenindo eventuais paragens na linha produtiva;
- Plástico filme, evitando da mesma forma paragens a jusante;
- Papel/ cartão que de outra forma seria irrecuperável;
- Resíduos verdes, para utilização posterior na compostagem;
- Vidro.



Figura 13 - Cabine de Pré Triagem

Todo o material não triado é encaminhado para o abre-sacos, por tapete rolante, e continua até ao trommel, que tem como função separar os resíduos em 2 frações, fração < 80mm e fração >80mm.

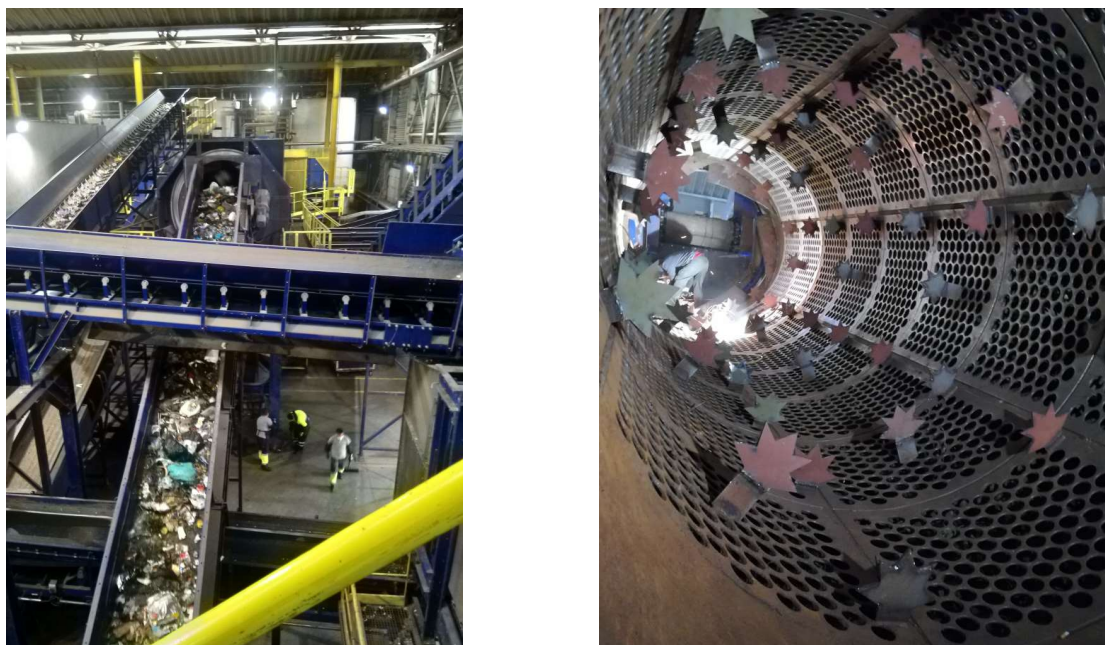


Figura 14 – Trommel

A fração $>80\text{mm}$ é encaminhada para o separador balístico que a divide 3 fluxos diferentes de saída:

- Resíduos $<60\text{mm}$, designados por finos, que passam através da malha do separador balístico, que por sua vez, se juntam ao material de fração $<80\text{mm}$ que sai do trommel.
- Resíduos rolantes e pesados, que pela sua própria configuração descem para a cota inferior do separador balístico. Este material é posteriormente encaminhado para um separador óptico que segrega diferentes tipos de resíduos, conduzindo-os para a estação de triagem automática.
- Resíduos planos ou bidimensionais, como os papéis ou têxteis, são direcionados para a cota mais elevada do equipamento. Daqui o material é transportado por tapete rolante até uma cabine de triagem manual, para retirar resíduos valorizáveis que possam ter “escapado” ao processo seletivo. O restante transportado, é considerado refugo e depositado em aterro.



Figura 15 - Separador Balístico

A fração $<80\text{mm}$, que sai do trommel, é encaminhado para a fase inicial do tratamento biológico, que começa nos pulpers. (Suldouro, 2016).

A figura 17 esquematiza o processo do tratamento mecânico.

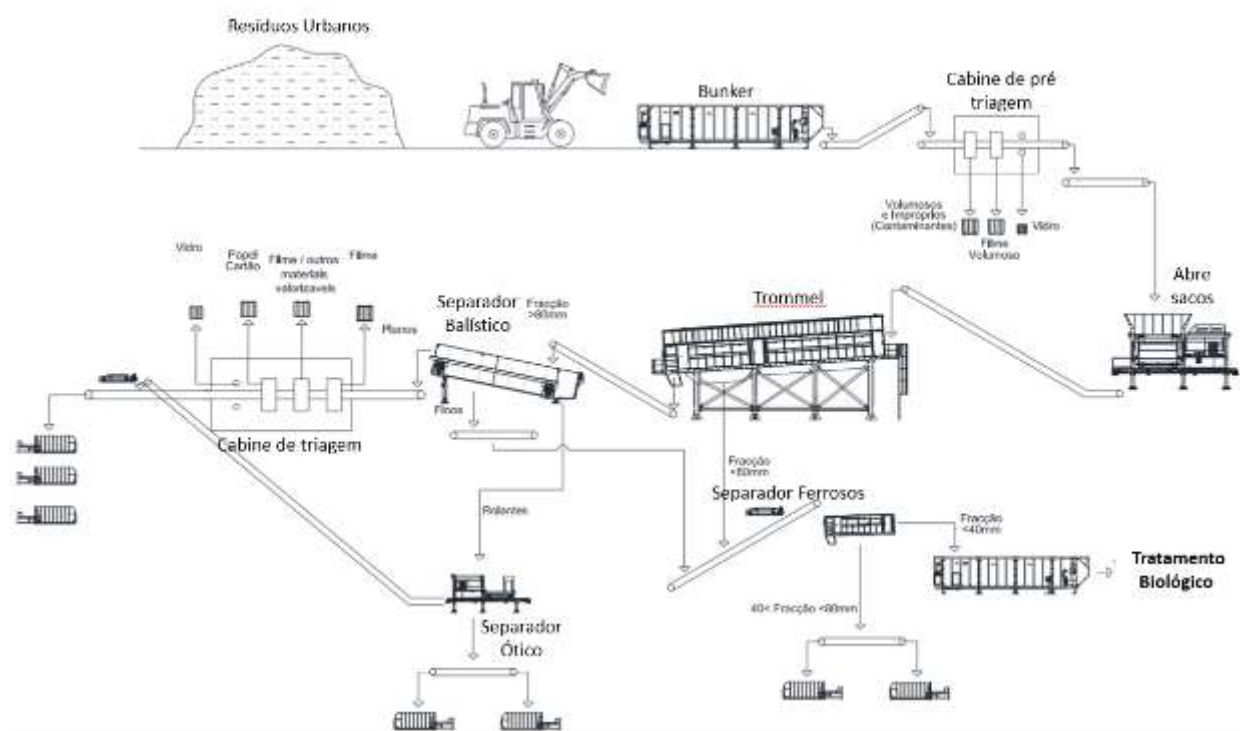


Figura 16 - Esquema do Tratamento Mecânico do TMB (Suldouro, 2016)

3.2.2 Tratamento Biológico

Após o tratamento mecânico obtêm-se a fração de resíduos que será sujeita ao tratamento biológico, resíduos urbanos biodegradáveis (RUB).

O tratamento biológico é baseado num processo de fermentação anaeróbia húmida termófila em duas etapas (hidrólise, anaeróbia) e um tratamento aeróbio em fase líquida. O substrato, após este tratamento é desidratado.

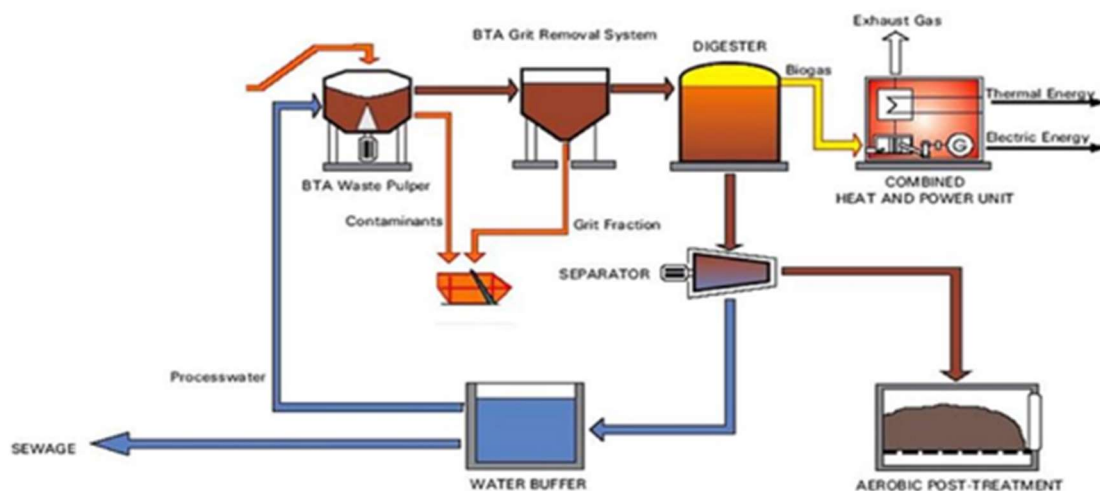


Figura 17 - Esquema do Tratamento Biológico (Suldouro, 2011)

A fração <80mm, que constitui os resíduos urbanos biodegradáveis, serão sujeitos ao tratamento biológico. Este material orgânico é encaminhado para o bunker doseador pertencente à linha inicial do tratamento biológico, que se inicia nos pulpers.



Figura 18 - Pulpers

No pulper realiza-se o pré-tratamento húmido que consiste em acrescentar água aos resíduos por forma a permitir separar alguns materiais inertes e contaminantes leves. Também nesta etapa os resíduos biodegradáveis são desintegrados para potenciar o processo de digestão anaeróbia a jusante.



Figura 19 - Buffers



Figura 20 - Sala dos Espessadores

Os resíduos biodegradáveis desintegrados são bombeados para os espessadores e daqui para um tanque tampão de homogeneização que proporciona uma alimentação contínua aos digestores, iniciando a etapa de fermentação anaeróbia. A movimentação e homogeneização da suspensão dentro dos digestores é feita com biogás recirculado, gerado na etapa anaeróbia. O biogás libertado neste processo é valorizado energeticamente.

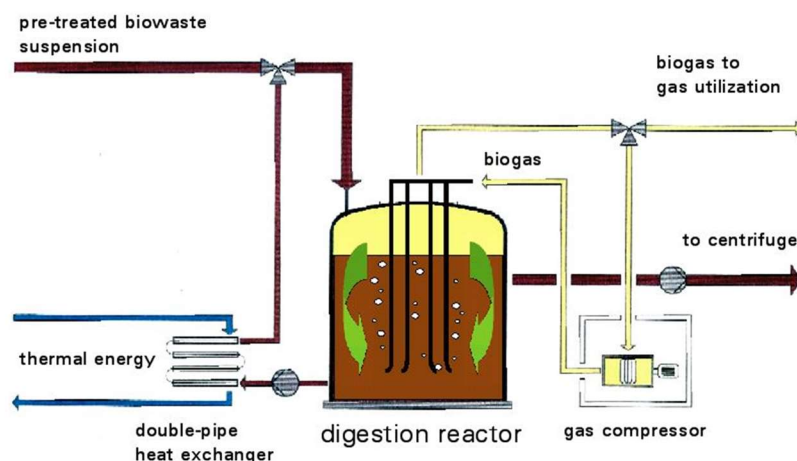


Figura 21 - Esquema dos digestores(Suldouro, 2011)

A suspensão digerida é bombeada para prensas de desidratação. Após esta fase, o material desidratado é misturado com material estruturante, estilha de madeira, resíduos verdes, etc., e é depositado nos túneis de pré-compostagem fechados, com arejamento forçado, durante 16 dias. O material pré compostado deposita-se num espaço coberto, por um período de 12 semanas, para a sua total maturação, formando o composto orgânico (Suldouro, 2011).

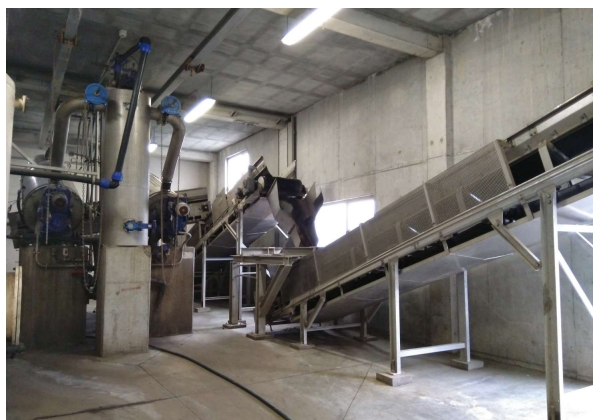


Figura 22 - Prensa de desidratação



Figura 23 - Túneis de pré compostagem

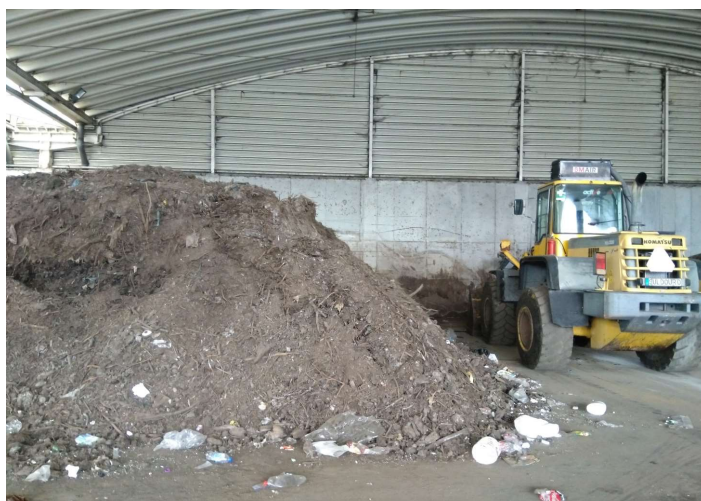


Figura 24 - Compostagem

3.3 Desenvolvimento da matriz de Avaliação de Risco

Foi elaborada uma matriz de avaliação de risco de exposição a agentes biológicos na atividade do TMB, em Excel, com as quatro metodologias selecionadas, que se encontra no Apêndice 3.

A construção da matriz iniciou-se com a primeira etapa de um processo de avaliação de risco – Identificação do Perigo.

Analisaram-se os aspetos do trabalho no TMB, que foram divididos em subprocessos, identificando-se para cada etapa a caracterização das tarefas em termos de número de trabalhadores afetados, tempo de exposição, equipamentos de proteção utilizados, descrição sumária da tarefa, tipo de microrganismos identificados e vias de transmissão.

Processo	Subprocesso/ Tarefa	Descrição do Subprocesso/ tarefa	Fator desencadeador	Perigo	Tipo de Microrganismo	Via de transmissão
Tratamento Mecânico	1 - Receção do TMB	- Descarga de resíduos RSU na zona de receção Realizado pelos trabalhadores dos municípios que recolhem resíduos urbanos ou por empresas subcontratadas pelo município. Geralmente em cada viatura de RSU está 1 condutor e 2 cantoneiros. São os cantoneiros que saem da viatura e efetuam a operação de descarga de resíduos. Esta operação demora entre 10 minutos a 15 minutos. O número de operações de descarga efetuadas pela mesma equipa é muito variável.	Medições 2012 e 2014	<i>Bacillus licheniformis</i>	Bactéria	Via Respiratória por inalação
			Medições 2012	<i>Pediococcus pentosaceus</i>	Bactéria	Via Respiratória por inalação
			Medições 2012	<i>Bacillus subtilis</i>	Bactéria	Via Respiratória por inalação
			Medições 2012 e 2014	<i>Bacillus cereus</i>	Bactéria	Via Respiratória por inalação
			Medições 2014	<i>Pantoea spp</i>	Bactéria	Via Respiratória por inalação
			Medições 2012 e 2014	<i>Penicillium spp.</i>	Fungo	Via Respiratória por inalação

Figura 25 - Matriz Avaliação de Risco - Identificação do Perigo

Complementando a etapa de Identificação do Perigo e, para se compreender as consequências nas afetações da saúde provocadas pela exposição aos diferentes agentes biológicos, acrescentaram-se as possíveis implicações clínicas de cada microrganismo.

Para o efeito foram usadas as afetações na saúde referidas nos relatórios de avaliação de risco biológico da Suldouro desenvolvido pela Unidade de Saúde Local do Alto Minho, assim como nas informações disponíveis nas bases de dados online²⁶.

²⁶ <https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/MicrobeWiki>, acedido em agosto 2020
<https://cmr.asm.org/>, acedido em agosto 2020

Perigo	Tipo de Microrganismo	Via de transmissão	Implicações Clínicas		
			Relatório de Avaliação Risco Biológico, realizado pela ULSAM	https://cmr.asm.org/	https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/MicrobeWiki
<i>Bacillus licheniformis</i>	Bactéria	Via Respiratória por inalação	Bacteremia (bactérias na corrente sanguínea) Septicemia (infecção generalizada no corpo) Endocardite (infecção no coração) Infecções respiratórias (particularmente em pessoas imunodeprimidas)	Peritonite - dor abdominal, náusea, vômitos, febre, diarreia	Intoxicação alimentar Náuseas, vômitos e cólicas abdominais Gastroenterite de origem alimentar Septicemia
<i>Pediococcus pentosaceus</i>	Bactéria	Via Respiratória por inalação	Bacteremia (bactérias na corrente sanguínea) Infecções intra abdominais (particularmente em pessoas imunodeprimidas)	sem informação	Não são patogênicas
<i>Bacillus subtilis</i>	Bactéria	Via Respiratória por inalação	Bacteremia (bactérias na corrente sanguínea) Septicemia (infecção generalizada no corpo) Endocardite (infecção no coração) Infecções respiratórias (particularmente em pessoas imunodeprimidas)	sem informação	Não são patogênicas
<i>Bacillus cereus</i>	Bactéria	Via Respiratória por inalação	Bacteremia (bactérias na corrente sanguínea) Septicemia (infecção generalizada no corpo) Endocardite (infecção no coração) Infecções respiratórias (particularmente em pessoas imunodeprimidas)	Intoxicação alimentar Infecções sistema gastrointestinal graves Infecções oculares graves Pneumonia progressiva, septicemia fulminante e infecções devastadoras do sistema nervoso central, particularmente em pessoas imunodeprimidas	Intoxicações alimentares Infecções oculares, como a ceratite, endofthalmitis e panofthalmitis Pode causar infecções locais e sistêmicas em pessoas imunodeprimidas
<i>Pantoea spp</i>	Bactéria	Via Respiratória por inalação	Infecções respiratórias Infecções urinárias Septicemias (infecção generalizada no corpo)	Septicemia	sem informação

Figura 26 - Matriz de Avaliação de Risco - Implicações Clínicas

Ainda na etapa de Identificação de Perigo efetuou-se a classificação dos microrganismos segundo os critérios de Portugal, através da Portaria n.º 1036/98 de 15 de dezembro, da França²⁷, do Canadá²⁸ e da Alemanha²⁹.

Perigo	Tipo de Microrganismo	Via de transmissão	Classificação dos Microrganismos			
			https://dre.pt/pesquisa-avancada/-/asearch/219354/details/maximized	http://www.inrs.fr/publications/bdd/baobab.html	https://health.canada.ca/en/epathogen	https://zag.bvl.bund.de/organismen/detail.jsf?dswid=7814&dssid=926
			Portaria n.º 1036/98	Base de dados INRS (França)	Base de dados APATHogen (Canadá)	Base de dados ZKBS (Alemanha)
<i>Bacillus licheniformis</i>	Bactéria	Via Respiratória por inalação	Sem classificação	Sem classificação	Grupo de risco 1	Grupo de risco 1
<i>Pediococcus pentosaceus</i>	Bactéria	Via Respiratória por inalação	Sem classificação	Sem classificação	Grupo de risco 1	Grupo de risco 1

Figura 27 - Matriz de Avaliação de Risco - Classificação dos Microrganismos

²⁷ <http://www.inrs.fr/publications/bdd/baobab.html>, acessado em agosto 2020

²⁸ <https://health.canada.ca/en/epathogen>, acessado em agosto 2020

²⁹ <https://zag.bvl.bund.de/organismen/detail.jsf?dswid=7814&dssid=926>, acessado em agosto 2020

Tendo por base as constatações da Identificação do Perigo, iniciou-se a etapa de Análise e Avaliação de Riscos para as quatro metodologias e segundo a classificação dos microrganismos de Portugal, Canadá e Alemanha.

Perigo	Método IRSST																	
	Classificação PORTUGAL							Classificação CANADÁ							Classificação			
	Análise do Risco				Avaliação do Risco			Análise do Risco				Avaliação do Risco			Análise do Risco			
	Exposição		Classificação do Nível de Exposição	Classificação do Nível de Exposição	Risco	Tratamento Estatístico	Gestão de Risco EPI de proteção respiratória	Exposição		Classificação do Nível de Exposição	Classificação do Nível de Exposição	Risco	Tratamento Estatístico	Gestão de Risco EPI de proteção respiratória	Exposição		Classificação do Nível de Exposição	Classificação do Nível de Exposição
	Nível de Controlo	Taxa de Geração						Nível de Controlo	Taxa de Geração						Nível de Controlo	Taxa de Geração		
<i>Bacillus licheniformis</i>	1,5	4	Médio	Grupo 1	Médio	2	APF 10	1,5	4	Médio	Grupo 1	Médio	2	APF 10	1,5	4	Médio	Grupo 1
<i>Pseudomonas penicillaceus</i>	1,5	4	Médio	Grupo 1	Médio	2	APF 10	1,5	4	Médio	Grupo 1	Médio	2	APF 10	1,5	4	Médio	Grupo 1
<i>Bacillus subtilis</i>	1,5	4	Médio	Grupo 1	Médio	2	APF 10	1,5	4	Médio	Grupo 1	Médio	2	APF 10	1,5	4	Médio	Grupo 1
<i>Bacillus cereus</i>	1,5	4	Médio	Grupo 1	Médio	2	APF 10	1,5	4	Médio	Grupo 2	Médio	2	APF 10	1,5	4	Médio	Grupo 2

Figura 28 - Análise e Avaliação de Risco

PARTE 2

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizada a avaliação de risco biológico segundo quatro metodologias e aplicando as classificações dos microrganismos segundo os critérios utilizados em Portugal, Canadá e na Alemanha.

Para a identificação dos microrganismos (perigo), nos diferentes subprocessos das atividades do TMB, foram utilizados:

- dados de dois relatórios da Suldouro para a avaliação de risco biológico, realizados pela Unidade de Saúde do Alto Minho, EPE (ULSAM), nos anos de 2012 e 2014;
- informações de pesquisa, no artigo científico (Schlosser et al., 2020) e na publicação sobre agentes biológicos e doenças associadas à exposição (EU-OSHA, 2019), que indica os metabólitos secundários - *Aflatoxina B1* – produzidos pelos fungos *Aspergillus Flavus*;
- informações de pesquisa, no artigo científico (Mol et al., 2017) e na publicação sobre agentes biológicos e doenças associadas à exposição (EU-OSHA, 2019), que refere os vírus *HIV e VHA, VHB e VHC*.

Para cada um dos subprocessos da atividade do TMB foi ainda definido a classe de proteção respiratória adequada aos equipamentos, através do cálculo do fator de proteção no local de trabalho, conforme os requisitos definidos na norma NP EN 529:2008 – Aparelhos de proteção respiratória, para ser comparável com os resultados na metodologia de avaliação de riscos IRSST.

Foi efetuado tratamento estatístico, com os resultados obtidos das diferentes avaliações de risco, através do Excel para facilitar a seleção do método mais adequado.

4.1 Método DGS

Analisando a tabela 12 verifica-se que a avaliação do risco de exposição a agentes biológicos pelo método DGS, para a atividade TMB, apresenta um resultado global “*Pouco grave*” se a classificação dos microrganismos for segundo os critérios portugueses, e um nível de risco considerado “*Moderado*” se a classificação for segundo os critérios do Canadá ou da Alemanha.

Tabela 12 - Resultados obtidos pelo método DGS

		Classificação de microrganismos de acordo com os critérios:														
		Portugal					Canadá					Alemanha				
		% de risco obtido	Desvio Padrão	Média	Variância	Coefficiente de variação	% de risco obtido	Desvio Padrão	Média	Variância	Coefficiente de variação	% de risco obtido	Desvio Padrão	Média	Variância	Coefficiente de variação
Nível de Risco TBM	Ligeiro	79%	0.82	2 (Pouco grave)	0.67	58%	45%	1.00	3 (Moderado)	1.00	48%	44%	1.00	3 (Moderado)	0.99	47%
	Pouco grave	0 %					0%					0%				
	Moderado	21%					55%					56%				
	Bastante grave	0%					0%					0%				
	Muito grave	0 %					0%					0%				

Foram avaliados 120 microrganismos cujos resultados obtidos foram distribuídos pelos níveis de risco “*Ligeiro*” e “*Moderado*”.

Segundo os critérios de classificação de Portugal, 95 dos microrganismos são considerados de risco “*Ligeiro*” e os restantes 25 são de risco “*Moderado*”. Dada a maior incidência de microrganismos considerados de risco “*Ligeiro*”, a média de risco global obtida é “*Pouco Grave*”.

Esta variabilidade dos resultados deve-se ao facto de a maior parte das bactérias e fungos não serem reconhecidas como agentes biológicos patogénicos e infecciosos de acordo com os critérios portugueses. Esta circunstância condiciona, naturalmente, o processo de avaliação de risco dado que ao não serem classificados assumem-se como não “*perigosos*” e é-lhes atribuído um nível de risco baixo na ponderação “*gravidade*”, desvalorizando automaticamente a situação real do risco.

Nos casos do Canadá e Alemanha, os microrganismos considerados de risco “*Ligeiro*” foram 54 e 53, respetivamente e os considerados de risco “*Moderado*” foram 66 e 67, respetivamente. Por conseguinte, a média global do nível de risco foi considerada “*Moderado*”.

As figuras 29 a 32 proporcionam uma leitura gráfica das observações anteriores.

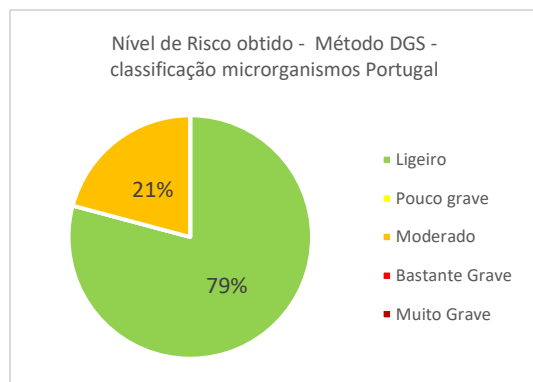


Figura 29 - Método DGS (classificação Portugal)

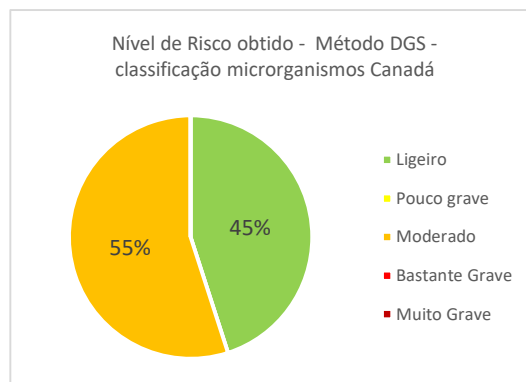


Figura 30 - Método DGS (classificação Canadá)

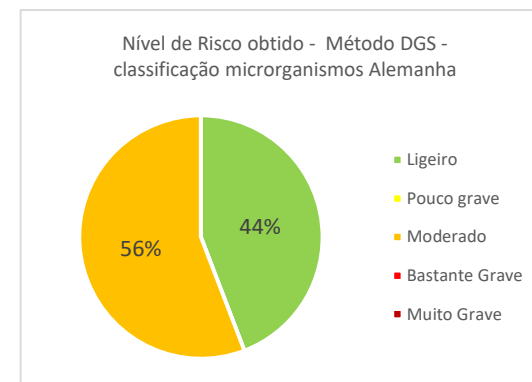


Figura 31 - Método DGS (classificação Alemanha)

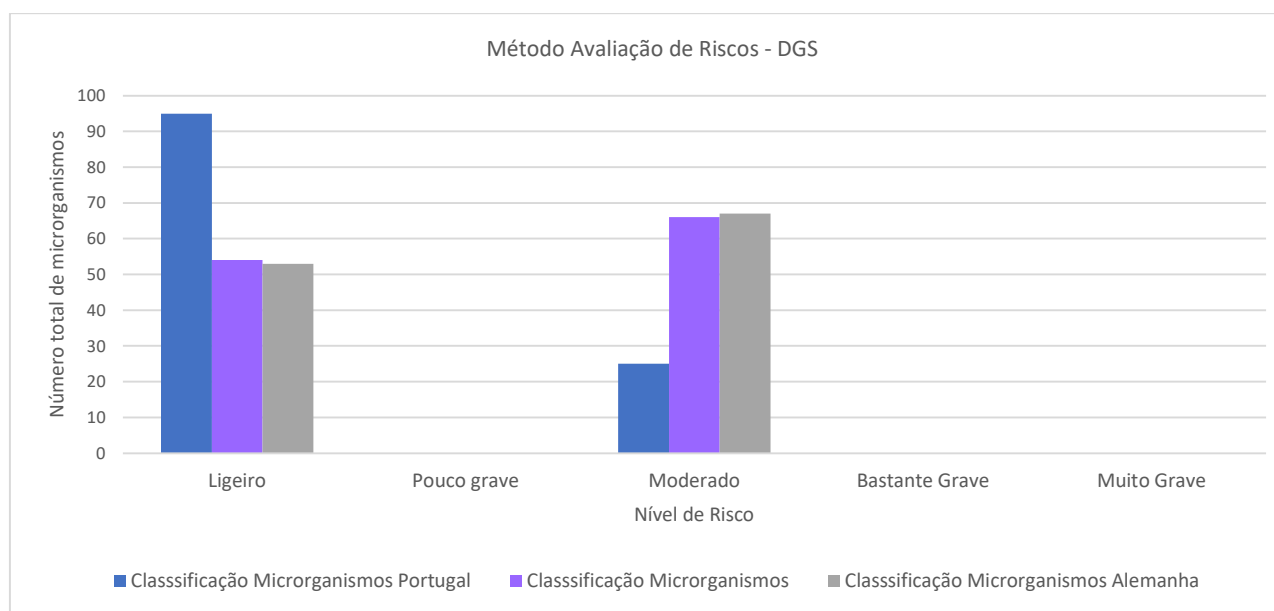


Figura 32 - Método DGS - Número de microrganismos vs Nível de Risco

A tabela 13 apresenta o nível médio de risco, a variância e o coeficiente de variação para cada subprocesso do TMB, alterando a avaliação de risco com a classificação dos microrganismos segundo os critérios de Portugal, Canadá e Alemanha.

Tabela 13 - Média de risco para cada subprocesso do TMB, pelo método DGS

	Classificação de microrganismos de acordo com os critérios:											
	Portugal				Canadá				Alemanha			
	Desvio Padrão	Média	Variância	Coeficiente de variação	Desvio Padrão	Média	Variância	Coeficiente de variação	Desvio Padrão	Média	Variância	Coeficiente de variação
1. Receção no TMB	0.58	2 (Pouco grave)	0.33	49%	1.04	2 (Pouco grave)	1.09	52%	1.04	2 (Pouco grave)	1.09	52%
2. Cabine de Pré Triagem	0.99	2 (Pouco grave)	0.97	58%	0.99	3 (Moderado)	0.97	43%	0.99	3 (Moderado)	0.97	43%
3. Abre Sacos	0.58	2 (Pouco grave)	0.33	49%	1.04	2 (Pouco grave)	1.09	52%	1.04	2 (Pouco grave)	1.09	52%
4. Trommel												
5. Separador Balístico												
6. Cabine de Triagem	1.03	2 (Pouco grave)	1.06	53%	0.94	3 (Moderado)	0.88	39%	0.94	3 (Moderado)	0.88	39%
7. Separador Ótico	0.67	2 (Pouco grave)	0.44	55%	1.05	2 (Pouco grave)	1.11	56%	1.05	2 (Pouco grave)	1.11	56%
8. Material recuperado do RSU sujeito a tratamento biológico												
9. Pulper												
10. Buffers												
11. Espessadores	0.55	2 (Pouco grave)	0.31	48%	1.04	2 (Pouco grave)	1.08	54%	1.01	2 (Pouco grave)	1.03	57%
12. Digestores	0.00	1 (Ligeiro)	0.00	0%	1.15	3 (Moderado)	1.33	49%	1.15	3 (Moderado)	1.33	49%
13. Pressas de desidratação	0.63	2 (Pouco grave)	0.40	53%	1.03	2 (Pouco grave)	1.07	57%	1.03	3 (Moderado)	1.07	49%
14. Alimentação com material estruturante	0.92	2 (Pouco grave)	0.84	60%	1.01	3 (Moderado)	1.03	46%	1.01	3 (Moderado)	1.03	46%
15. Pré-compostagem												
16. Fase de compostagem												
17. Sala de Comando	0.78	2 (Pouco grave)	0.61	58%	1.04	2 (Pouco grave)	1.09	52%	1.04	2 (Pouco grave)	1.09	52%

Analisando a tabela 13, verifica-se que as atividades desempenhadas nas cabines de pré-triagem e triagem e na fase de compostagem, são consideradas segundo o método DGS, com a classificação portuguesa para os microrganismos, atividades de risco “*Pouco grave*”, que não requerem preocupações especiais na intervenção preventiva. Porém, se com a mesma metodologia usarmos a classificação dos microrganismos do Canadá ou Alemanha, os locais do TMB atrás mencionados já são considerados de risco “*Moderado*”.

Esta discrepância não é provocada pela falta de adequabilidade do método DGS para a realização da avaliação de risco de exposição a agentes biológicos, mas sim pela inexistência de classificação dos microrganismos.

Um exemplo da consequência da desvalorização do risco de exposição a agentes biológicos devido à falta da classificação dos microrganismos é o caso do “*Aspergillus Flavus*”, que liberta uma micotoxina designada por “*Aflatoxina B1*” com propriedades cancerígenas, segundos os autores (EU-OSHA, 2019) e (Schlosser et al., 2020), e frequentemente encontrada nas unidades de gestão de resíduos, este fungo é classificado como grupo 2 no Canadá e na Alemanha e em Portugal é um microrganismos não classificado.

Verifica-se nas tabelas 12 e 13 que o coeficiente de variação é elevado, acima dos 30%, quer para o nível global de risco aferido para o TMB como para os seus subprocessos, independentemente da classificação dos microrganismos. Este facto deve-se à bipolarização da classificação de nível de risco de “*Ligeiro*” e “*Moderado*”, como se verifica na figura 32, originando um afastamento à média.

Ao abdicar de parâmetros como a frequência de exposição, definição das situações de gravidade e probabilidade de ocorrência, o método DGS não é consensual na sua classificação e está sujeito à subjetividade do avaliador.

Por outro lado, a abrangência da definição dos parâmetros de gravidade e probabilidade, permitiu avaliar os riscos por via percutânea, através da possibilidade corte/ picadela provocados pelo manuseamento de resíduos contaminados, que existem nos subprocessos das cabines de pré-triagem e triagem.

4.2 Método IRSST

Analisando a tabela 14 verifica-se que o risco global de exposição a agentes biológicos na atividade do TMB, pelo método IRSST, está classificado como “Médio”, independentemente da classificação dos microrganismos pelos três países.

		Tabela 14 - Resultados obtidos pelo método IRSST														
		Classificação de microrganismos de acordo com os critérios:														
		Portugal					Canadá					Alemanha				
		% de risco obtido	Desvio Padrão	Média	Variância	Coefficiente de variação	% de risco obtido	Desvio Padrão	Média	Variância	Coefficiente de variação	% de risco obtido	Desvio Padrão	Média	Variância	Coefficiente de variação
Nível de Risco TBM	Baixo	14%	0.41	2 (Médio)	0.16	21%	14%	0.51	2 (Médio)	0.26	26%	14%	0.51	2 (Médio)	0.26	26%
	Médio	83%					74%					74%				
	Alto	3%					12%					12%				
	Muito alto	0%					0%					0%				

O coeficiente de variação, que é de 21% para Portugal e de 26% para o Canadá e Alemanha, é considerado de dispersão média o que significa que os resultados obtidos da classificação do nível de risco para todos os microrganismos, são regulares em torno da média.

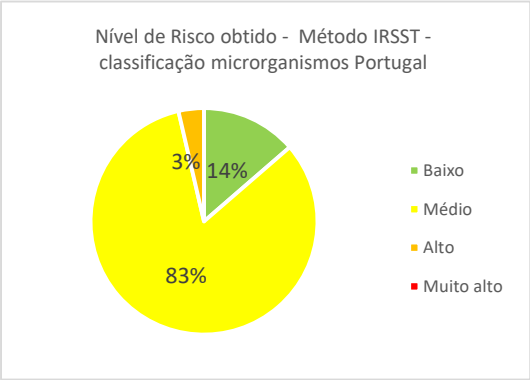


Figura 33 - Método IRSST (classificação Portugal)

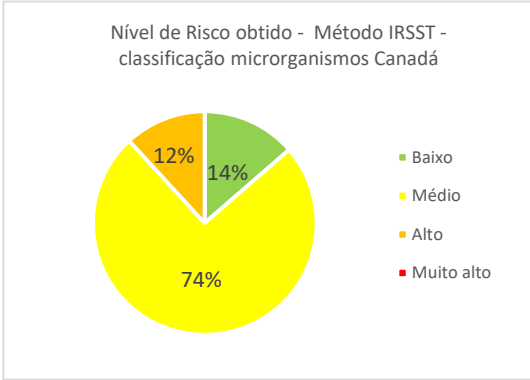


Figura 34 Método IRSST (classificação Canadá)

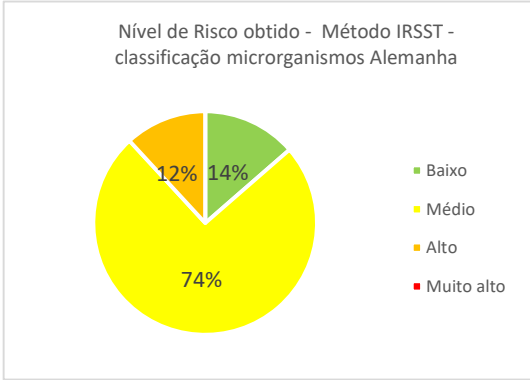


Figura 35 - Método IRSST (classificação Alemanha)

Foram avaliados 110 microrganismos cujos resultados do nível de risco foram distribuídos pelas classificações de nível “Baixo”, “Médio e “Alto”. As figuras 33 a 35 apresentam a distribuição percentual dos resultados obtidos da avaliação de risco.

Não foram avaliados 10 microrganismos pertencentes aos subprocessos das cabines de pré-triagem e triagem, porque os parâmetros da avaliação pelo método IRSST não permitem avaliar agentes biológicos cuja via de transmissão é percutânea.

Confirma-se deste modo que o método IRSST é uma metodologia reproduzível apenas para situações de exposição a bioaerossóis, ou seja, agentes biológicos suspensos no ar e cuja via de transmissão é a via respiratória por inalação. Fica excluído qualquer avaliação de risco cuja via de transmissão seja percutânea, através do corte ou picadelas.

Analisando a figura 36 constata-se que a classificação do nível de risco obtido é exatamente igual se for utilizada a classificação dos microrganismos segundo os critérios do Canadá e da Alemanha, e existe uma aproximação aos valores obtidos se utilizarmos a classificação de Portugal. Verifica-se que os resultados obtidos da avaliação de risco que concluíram um nível de risco “*Baixo*” foi exatamente igual segundo a classificação dos microrganismos de qualquer dos três países.

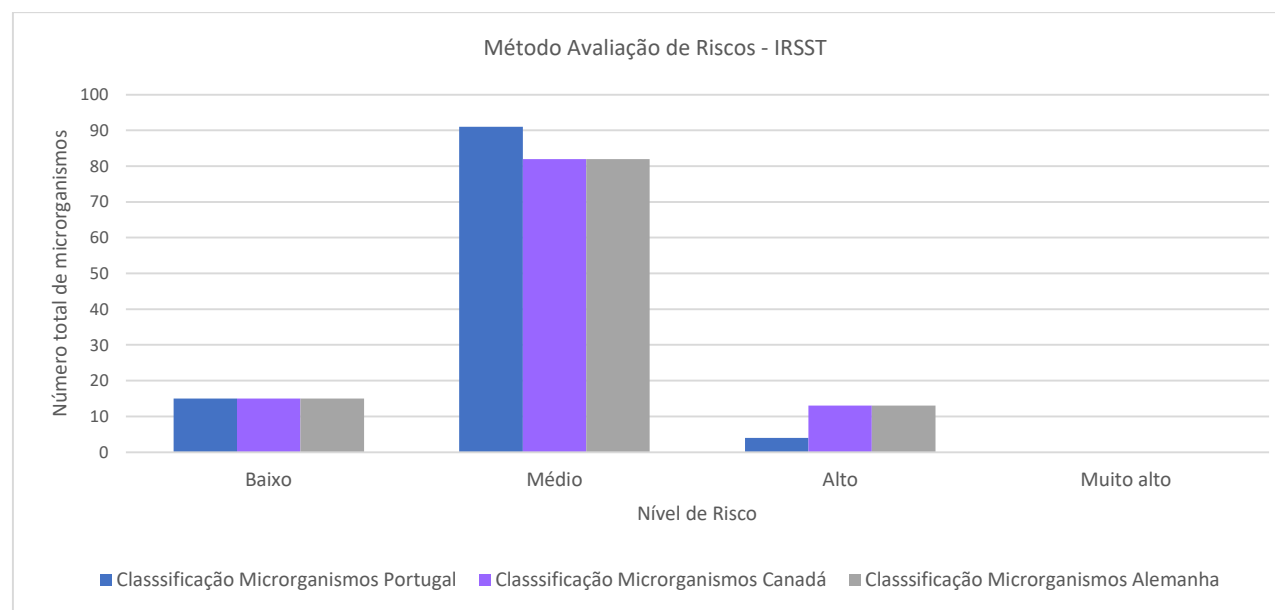


Figura 36 - Método IRSST - Número de microrganismos vs Nível de Risco

Confirma-se que a avaliação de risco de exposição a agentes biológicos na atividade do TMB pelo método IRSST é muito homogêneo nos resultados obtidos, mesmo existindo divergências na classificação dos microrganismos entre Portugal, Canadá e Alemanha.

A tabela 15 apresenta o nível médio de risco, a variância e o coeficiente de variação para cada subprocesso do TMB, alterando a avaliação de risco consoante a classificação dos microrganismos segundo os critérios de Portugal, Canadá e Alemanha.

Tabela 15 - Média de risco para cada subprocesso do TMB, pelo método IRSST

	Classificação de microrganismos de acordo com os critérios:											
	Portugal				Canadá				Alemanha			
	Desvio Padrão	Média	Variância	Coeficiente de variação	Desvio Padrão	Média	Variância	Coeficiente de variação	Desvio Padrão	Média	Variância	Coeficiente de variação
1. Receção no TMB	0.00	2 (Médio)	0.00	0%	0.00	2 (Médio)	0.00	0%	0.00	2 (Médio)	0.00	0%
2. Cabine de Pré Triagem	0.29	3 (Alto)	0.08	14%	0.52	3 (Alto)	0.27	21%	0.52	3 (Alto)	0.27	21%
3. Abre Sacos	0.00	2 (Médio)	0.00	0%	0.00	2 (Médio)	0.00	0%	0.00	2 (Médio)	0.00	0%
4. Trommel												
5. Separador Balístico												
6. Cabine de Triagem	0.45	3 (Alto)	0.20	20%	0.51	3 (Alto)	0.00	20%	0.51	3 (Alto)	0.27	20%
7. Separador Ótico	0.00	2 (Médio)	0.00	0%	0.00	2 (Médio)	0.00	0%	0.00	2 (Médio)	0.00	0%
8. Material recuperado do RSU sujeito a tratamento biológico												
9. Pulper												
10. Buffers												
11. Espessadores	0.00	2 (Médio)	0.00	0%	0.00	2 (Médio)	0.00	0%	0.00	2 (Médio)	0.00	0%
12. Digestores	0.00	1 (Baixo)	0.00	0%	0.00	1 (Baixo)	0.00	0%	0.00	1 (Baixo)	0.00	0%
13. Prensas de desidratação	0.00	2 (Médio)	0.00	0%	0.00	2 (Médio)	0.00	0%	0.00	2 (Médio)	0.00	0%
14. Alimentação com material estruturante	0.00	2 (Médio)	0.00	0%	0.00	2 (Médio)	0.00	0%	0.00	2 (Médio)	0.00	0%
15. Pré-compostagem												
16. Fase de compostagem												
17. Sala de Comando	0.00	1 (Baixo)	0.00	0%	0.00	1 (Baixo)	0.00	0%	0.00	1 (Baixo)	0.00	0%

Na tabela 15 verificamos que os subprocessos do TMB obtêm exatamente o mesmo nível de risco, mesmo variando a classificação dos microrganismos pelos 3 países, e que o coeficiente de variação é sempre 0%, com exceção nas cabines de pré-triagem e de triagem. A maior percentagem obtida para o coeficiente de variação foi de 21%, na cabine de pré-triagem com a classificação dos microrganismos segundo os critérios do Canadá e da Alemanha.

Os resultados obtidos por (Cheneval et al., 2015), para a avaliação de risco na atividade de gestão de resíduos pelo método IRSST, foram de nível de risco “*Alto*”. Comparativamente, a avaliação de risco desenvolvida pelo mesmo método e que consta no apêndice 3, obteve um nível de risco “*Médio*”.

A diferença destes dois resultados, deve-se ao facto de o autor (Cheneval et al., 2015) ter efetuado uma avaliação de risco genérica para as atividades de gestão de resíduos, onde atribuiu ponderações “*Alta*” para a aerossolização e para o nível de controlo. Enquanto a avaliação de risco desenvolvida para o TMB considerou parâmetros de avaliação como a aerossolização e nível de controlo variáveis consoante as características de cada subprocesso.

Pela análise da tabela 15 verifica-se que as cabines de pré-triagem e triagem o risco obtido é “*Alto*” e nos restantes subprocessos o risco é “*Médio*”, com exceção da sala de comando que obteve um nível “*Baixo*”.

Analisando a matriz de avaliação de risco do TMB (Apêndice 3) para a micotoxina “*Aflatoxina B1*”, metabólito secundário do fungo “*Aspergillus Flavus*” com propriedade cancerígenas segundo os autores (EU-OSHA, 2019) e (Schlosser et al., 2020), verifica-se que a falta de classificação do microrganismo não varia o nível de risco obtido, que foi considerado “*Médio*”. O mesmo nível de risco mantém-se aquando da avaliação de risco ao fungo “*Aspergillus Flavus*” efetuada nos subprocessos de receção de resíduos do TMB, trommel, separador balístico, sala de espessadores e prensas de desidratação. Todavia, nas cabines de pré-triagem e triagem o nível de risco obtido é “*Alto*” segundo os critérios do Canadá e Alemanha, porque estes países classificam o agente biológico como pertencentes ao Grupo 2, e é considerado um nível de risco “*Médio*” segundo os critérios e Portugal, porque o fungo não é classificado como agente biológico infeccioso.

Dada a homogeneidade dos resultados obtidos confirma-se que este método de avaliação de risco é adequado para as atividades de gestão de resíduos. Esta metodologia considera os parâmetros de exposição, a probabilidade de inalação, a aerossolização do local e naturalmente a classificação dos agentes biológicos, evitando a subjetividade do avaliador.

4.3 Método NTP 833

Ao aplicar este método verifica-se que o risco global de exposição a agentes biológicos no TMB é considerado “*Médio*”, independentemente da classificação dos microrganismos por Portugal, Canadá e Alemanha.

Ao analisar as figuras 37 a 39 e a tabela 16, confirma-se que existe uma grande heterogeneidade nos resultados obtidos, que apresentam valores classificados como “Negligenciável”, “*Baixo*”, “*Médio*”, “*Alto*” e “*Muito alto*” e que os coeficientes de variação elevados atestam a dispersão dos resultados como o nível de risco “*Médio*”.

Tabela 16 - Resultados obtidos pelo método NTP 833

		Classificação de microrganismos de acordo com os critérios:														
		Portugal					Canadá					Alemanha				
		% de risco obtido	Desvio Padrão	Média	Variância	Coefficiente de variação	% de risco obtido	Desvio Padrão	Média	Variância	Coefficiente de variação	% de risco obtido	Desvio Padrão	Média	Variância	Coefficiente de variação
Nível de Risco TBM	Negligenciável	2%	0.63	3 (Médio)	0.40	26%	26%	1.00	3 (Médio)	1.01	46%	21%	0.95	3 (Médio)	0.91	42%
	Baixo	0%					11%					9%				
	Médio	52%					12%					17%				
	Alto	41%					46%					48%				
	Muito alto	5%					5%					5%				

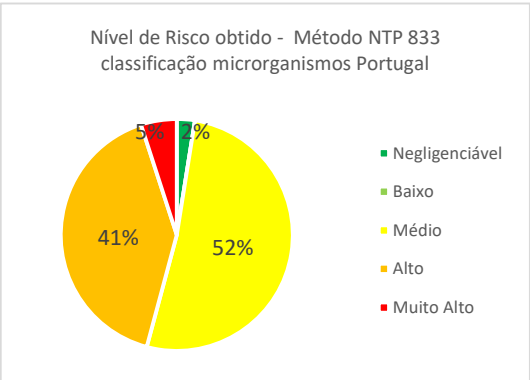


Figura 37 - Método NTP 833 (classificação Portugal)

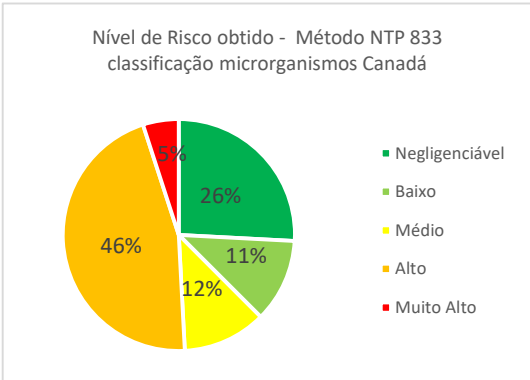


Figura 38 - Método NTP 833 (classificação Canadá)

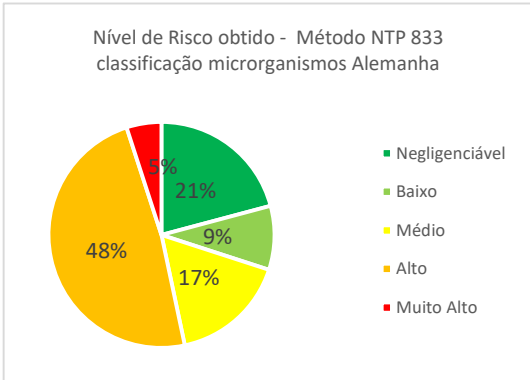


Figura 39 - Método NTP 833 (classificação Alemanha)

Esta heterogeneidade de resultados obtidos deve-se ao facto de a metodologia possuir parâmetros de avaliação de risco para agentes biológicos infecciosos e não infecciosos distintos, mas que qualifica os agentes biológicos infecciosos do Grupo 4 equivalentes aos agentes biológicos não infecciosos da Categoria IV (agentes cancerígenos).

O que aparentemente poderia parecer como uma vantagem da metodologia NTP 833, que está direccionada para atividades onde não exista intenção deliberada de manipulação de agentes biológicos, como é o caso das atividades de gestão de resíduos, e que possui parâmetros de avaliação atribuídos aos agentes biológicos não classificados, ou seja a microrganismos não infecciosos, mas que podem possuir propriedades alérgicas, tóxicas ou até mesmo cancerígenas, verificou-se que a aplicação desta metodologia provoca um agravamento/ penalização dos níveis de risco obtidos. A figura 40 evidencia esta circunstância.

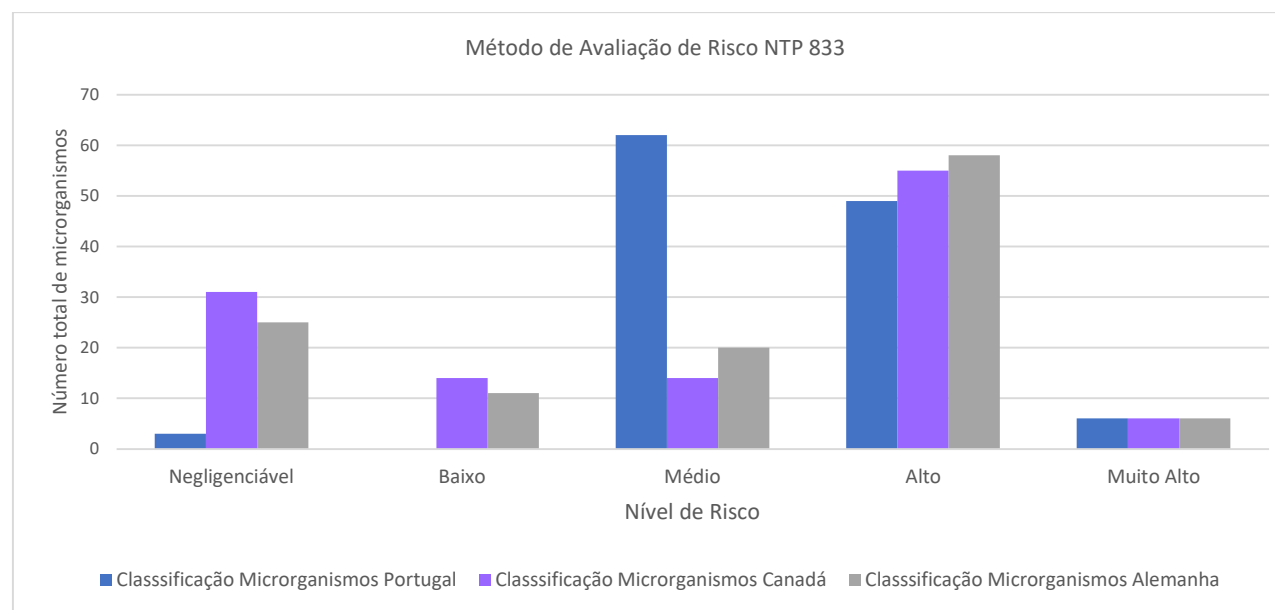


Figura 40 - Método NTP 833 - Número de microrganismos vs Nível de Risco

Por este método foi possível avaliar os agentes biológicos transmissíveis por via respiratória e via percutânea (corte e perfurações). Assim a avaliação de risco efetuou-se para um total de 120 microrganismos.

Dos 120 microrganismos avaliados, segundo os critérios de Portugal para a classificação de agentes biológicos, 3 foram considerados de risco “*Negligenciável*”, 62 de risco “*Médio*”, 49 de risco “*Alto*” e os restantes 6 de risco “*Muito alto*”.

Existe uma aproximação dos resultados, se avaliação de risco para os mesmos 120 microrganismos for segundo os critérios de classificação do Canadá e Alemanha. Segundo a avaliação de risco, de acordo com a classificação do Canadá, 31 microrganismos foram classificados de risco “*Negligenciável*”, 14 de risco “*Baixo*”, 14 de risco “*Médio*”, 55 de risco “*Alto*” e 6 de risco “*Muito alto*”. Se a avaliação for segundo a classificação da Alemanha, 25 microrganismos foram classificados de risco “*Negligenciável*”, 11 de risco “*Baixo*”, 20 de risco “*Médio*”, 58 de risco “*Alto*” e 6 de risco “*Muito alto*”.

Os 6 agentes biológicos cujo resultado obtido com nível de risco “*Muito Alto*” correspondem à “*Aflatoxina B1*”, em todos países.

A tabela 17, que analisa os níveis de risco obtidos pelo método NTP 833 para cada subprocesso da atividade do TMB, mostra que os níveis de risco para cada tarefa são iguais, quando a classificação dos microrganismos é com base nos critérios do Canadá ou Alemanha, e diferentes quando a classificação dos agentes biológicos é com base nos critérios de Portugal, sendo o nível de risco considerado por Portugal mais penalizador.

Tabela 17 - Média de risco para cada subprocesso do TMB, pelo método NTP 833

	Classificação de microrganismos de acordo com os critérios:											
	Portugal				Canadá				Alemanha			
	Desvio Padrão	Média	Variância	Coefficiente de variação	Desvio Padrão	Média	Variância	Coefficiente de variação	Desvio Padrão	Média	Variância	Coefficiente de variação
1. Receção no TMB	0.62	3 (Médio)	0.39	28%	1.14	3 (Médio)	1.30	51%	1.07	3 (Médio)	1.15	46%
2. Cabine de Pré Triagem	0.43	4 (Alto)	0.18	15%	0.99	3 (Médio)	0.97	43%	0.93	3 (Médio)	0.87	40%
3. Abre Sacos	0.62	3 (Médio)	0.39	28%	1.00	2 (Baixo)	0.99	52%	1.07	3 (Médio)	1.15	46%
4. Trommel												
5. Separador Balístico												
6. Cabine de Triagem	0.43	3 (Médio)	0.18	15%	0.94	3 (Médio)	0.88	39%	0.87	3 (Médio)	0.76	35%
7. Separador Ótico	0.33	3	0.11	16%	1.05	2	1.11	56%	0.71	2	0.50	53%

	Classificação de microrganismos de acordo com os critérios:											
	Portugal				Canadá				Alemanha			
	Desvio Padrão	Média	Variância	Coeficiente de variação	Desvio Padrão	Média	Variância	Coeficiente de variação	Desvio Padrão	Média	Variância	Coeficiente de variação
8. Material recuperado do RSU sujeito a tratamento biológico		(Médio)				(Baixo)				(Baixo)		
9. Pulper												
10. Buffers												
11. Espessadores	0.60	3 (Médio)	0.36	27%	1.14	3 (Médio)	1.31	53%	0.95	3 (Médio)	0.90	41%
12. Digestores	0.00	1 (Negligenciável)	0.00	0%	0.58	2 (Baixo)	0.33	35%	0.58	2 (Baixo)	0.33	35%
13. Prensas de desidratação	0.67	3 (Médio)	0.46	29%	1.14	3 (Médio)	1.29	52%	1.08	3 (Médio)	1.17	43%
14. Alimentação com material estruturante												
15. Pré-compostagem	0.46	3 (Médio)	0.21	20%	0.96	3 (Médio)	0.92	42%	0.83	3 (Médio)	0.69	35%
16. Fase de compostagem												
17. Sala de Comando	0.00	3 (Médio)	0.00	0%	1.03	3 (Médio)	1.06	48%	0.98	3 (Médio)	0.97	42%

Na maior parte dos subprocessos do TMB, o critério de exposição atribuído durante a avaliação foi o nível “Médio” e “Alto”. Esta situação vai ao encontro das observações que o autor (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2009) identificou para as atividades de gestão de resíduos urbanos.

Portugal obtém resultados mais penalizadores no nível de risco em relação ao Canadá e Alemanha, porque de acordo com a metodologia, deve atribuir ponderações para a avaliação de risco através da matriz de parâmetros para agentes biológicos não infecciosos, uma vez que a maior parte dos microrganismos não está classificada.

Este agravamento deve-se ao facto de a metodologia atribuir aos agentes biológicos infecciosos, classificados por Grupo, a mesma equivalência que os agentes biológicos não infecciosos, classificados por Categorias.

O gráfico da figura 41 mostra que, quando comparamos as classificações do nível de risco obtido para agentes biológicos infecciosos, Portugal tem menos microrganismos classificados que o Canadá ou a Alemanha. Dos 120 microrganismos, Portugal não classifica 95 microrganismos e só os restantes 25 são classificados como agentes infecciosos.

Em oposição, a figura 42 mostra que o Canadá e a Alemanha têm poucos microrganismos não classificados. Dos 120 microrganismos o Canadá e a Alemanha só não classificam 13 e 20 respetivamente.

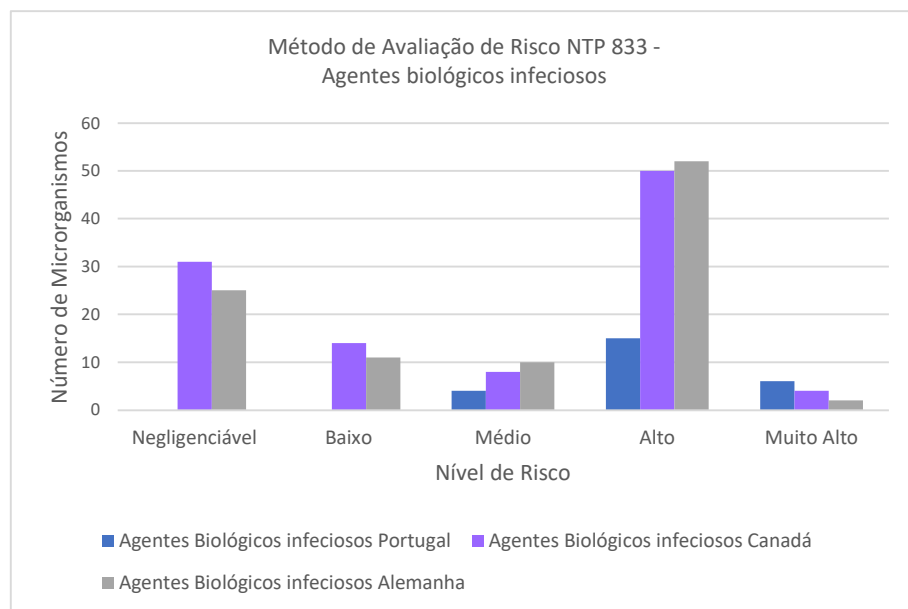


Figura 41 - Método NTP 833 - infecciosos - Número de microrganismos vs Nível de Risco

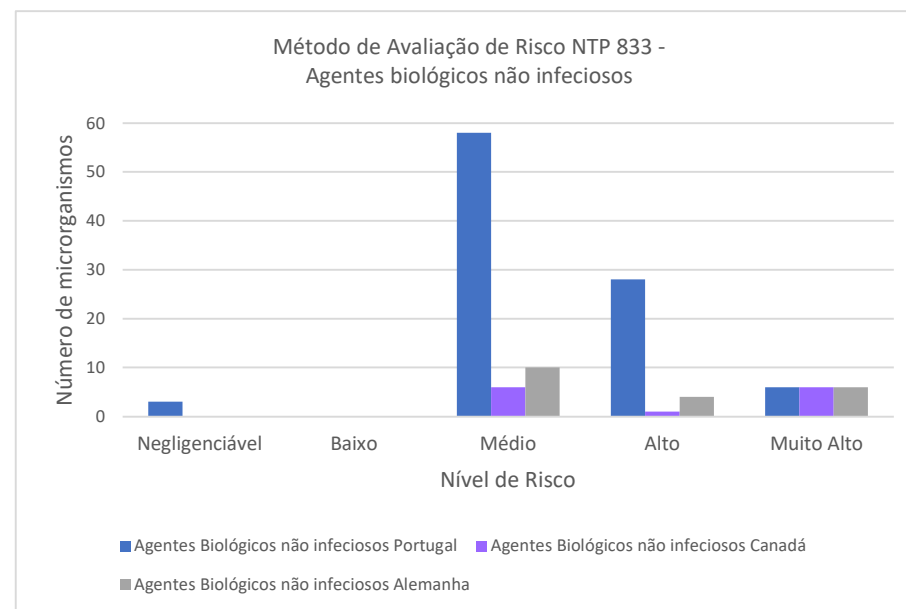


Figura 42 - Método NTP 833 - não infecciosos - Número de microrganismos vs Nível de Risco

As figuras 43 a 45 representam os valores percentuais dos microrganismos classificados nos três países, como resultado da avaliação do nível de risco. As figuras 46 a 48 representam os valores percentuais dos microrganismos não classificados nos três países.

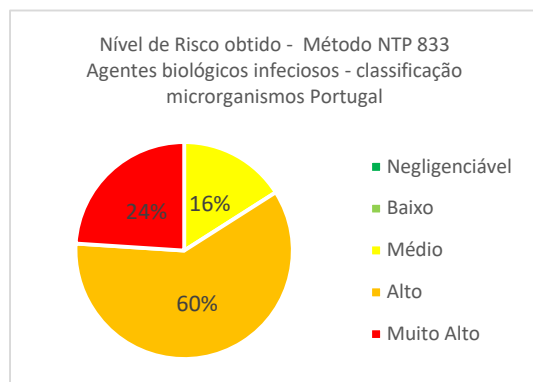


Figura 43 - Método NTP 833 - infecciosos (classificação Portugal)

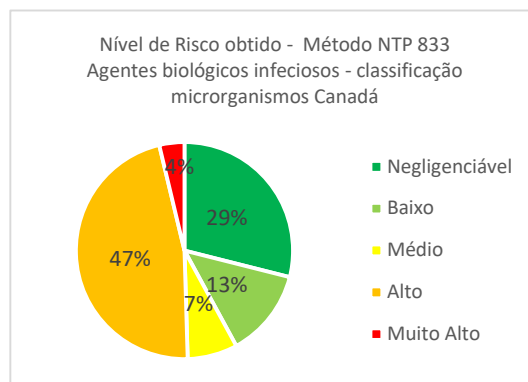


Figura 44 - Método NTP 833 - infecciosos (classificação Canadá)

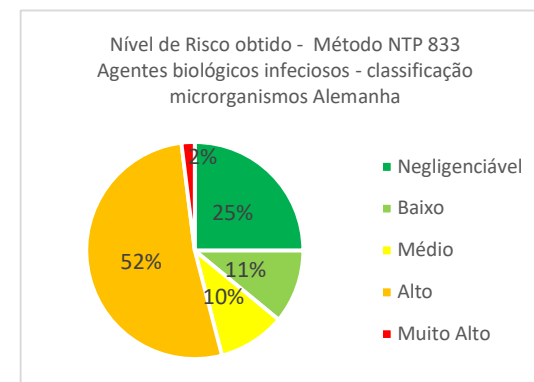


Figura 45 - Método NTP 833 - infecciosos (classificação Alemanha)

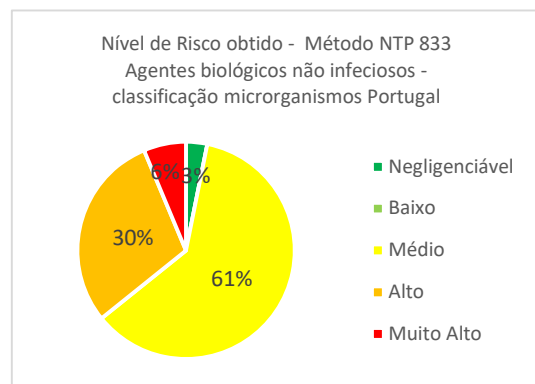


Figura 46 - Método NTP 833 - não infecciosos (classificação Portugal)

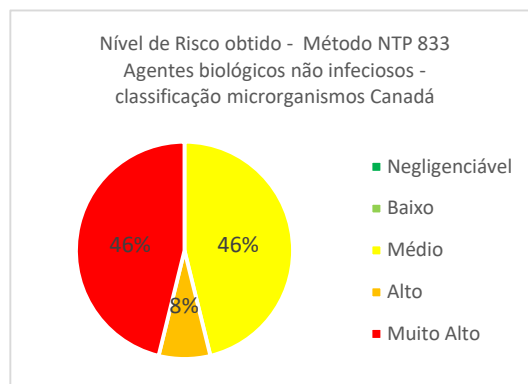


Figura 47 - Método NTP 833 - não infecciosos (classificação Canadá)

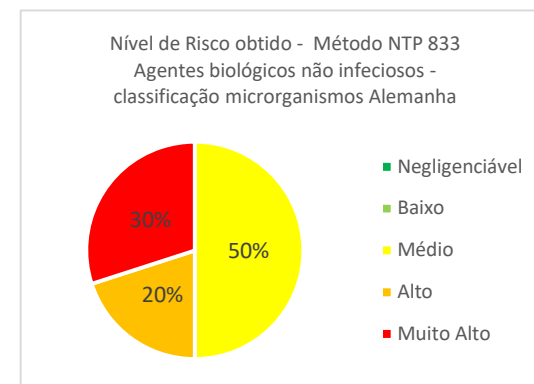


Figura 48 - Método NTP 833 - não infecciosos (classificação Alemanha)

4.4 Método MIAR^{Biowaste}

Analisando a tabela 18 verifica-se que o método MIAR^{Biowaste} apresenta um nível de risco “*Médio*” de exposição a agentes biológicos no TMB, independentemente da classificação dos microrganismos segundo os critérios de Portugal, Canadá e Alemanha.

Confirma-se que o coeficiente de variação é alto, acima dos 30%, para todos os níveis de risco em qualquer dos países em causa, indicando que existe uma dispersão de resultados afastados do valor de risco “*Médio*”. Esta dispersão justifica-se devido à variabilidade dos resultados obtidos na avaliação de risco que se distribuem pelos níveis “*Baixo*”, “*Médio*” e “*Elevado*”, o que é claramente perceptível nos gráficos das figuras 49 a 51.

Tabela 18 - Resultados obtidos pelo método MIAR ^{Biowaste}																
Nível de Risco TBM		Classificação de microrganismos de acordo com os critérios:														
		Portugal					Canadá					Alemanha				
		% de risco obtido	Desvio Padrão	Média	Variância	Coeficiente de variação	% de risco obtido	Desvio Padrão	Média	Variância	Coeficiente de variação	% de risco obtido	Desvio Padrão	Média	Variância	Coeficiente de variação
	Baixo	57%	0.63	2 (Médio)	0.40	42%	41%	0.70	2 (Médio)	0.49	40%	40%	0.70	2 (Médio)	0.49	40%
	Médio	36%					45%					45%				
	Elevado	7%					14%					15%				
	Muito elevado	0%					0%					0%				
	Extremo	0%					0%					0%				

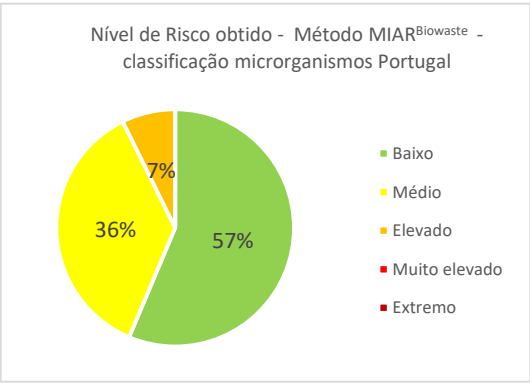


Figura 49 - Método MIAR^{Biowaste} (classificação Portugal)

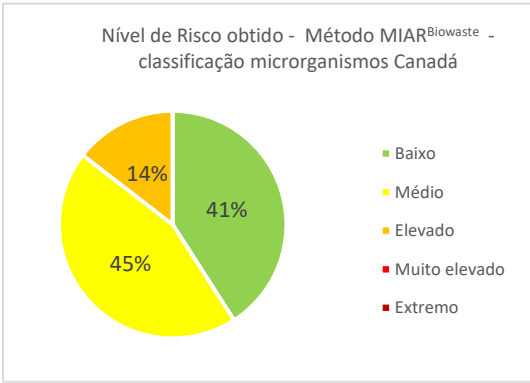


Figura 50 - Método MIAR^{Biowaste} (classificação Canadá)

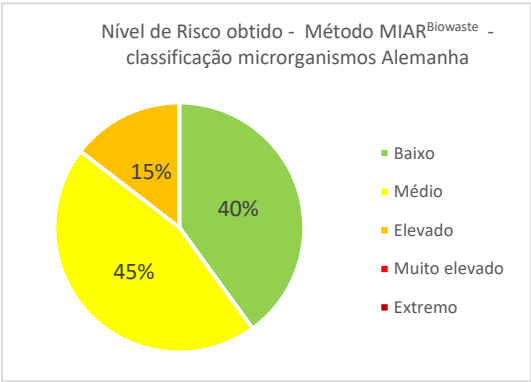


Figura 51 - Método MIAR^{Biowaste} (classificação Alemanha)

Esta metodologia só permite avaliar 110 microrganismos cuja transmissão é por via respiratória. Não foram avaliados 10 microrganismos, identificados nos subprocessos das cabines de pré-triagem e triagem e cuja via de transmissão é percutânea.

A avaliação de risco segundo a classificação dos microrganismos pelo critério Português, obteve os seguintes resultados: 62 microrganismos são considerados com o nível de risco “*Baixo*”; 40 com nível “*Médio*” e 8 com nível “*Moderado*”. A mesma avaliação de risco seguindo os critérios de classificação dos microrganismos do Canadá e da Alemanha, dão respetivamente 45 e 44 microrganismos classificados com o nível de risco “*Baixo*”, 49 e 50 com nível “*Médio*” e 16 e 16 com nível “*Moderado*”.

Fica evidenciado quer pela descrição anterior, quer pela figura 52, que os resultados obtidos para os casos do Canadá e Alemanha são muito semelhantes.

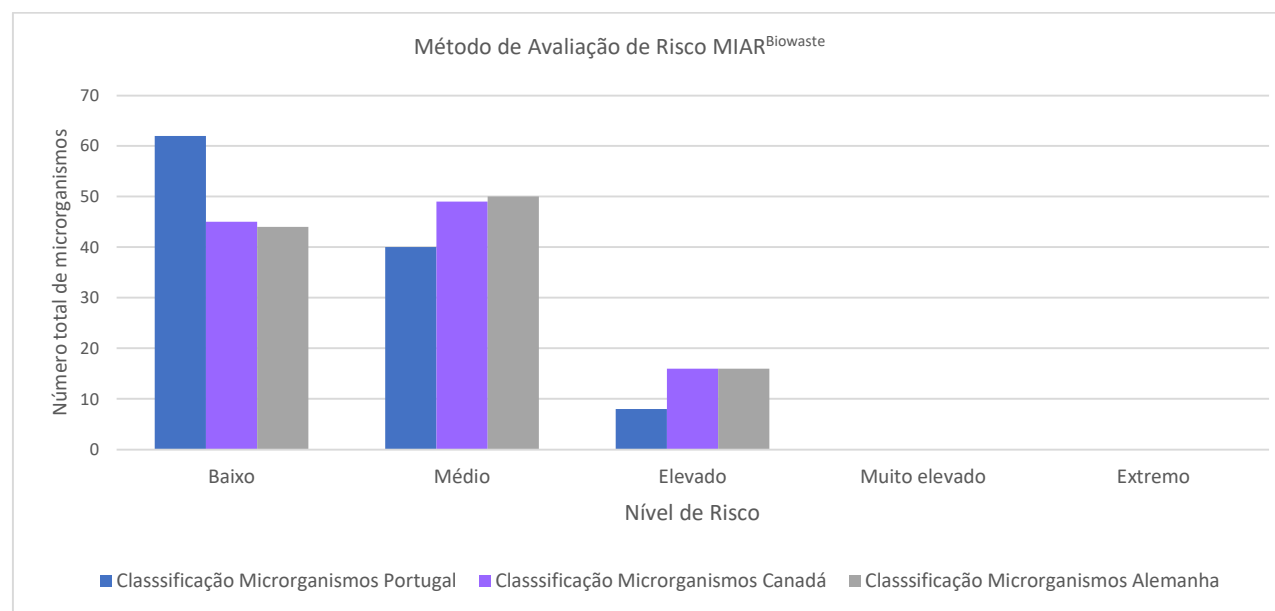


Figura 52 - Método MIAR^{Biowaste} - Número de microrganismos vs Nível de Risco

A tabela 19 evidencia o nível médio de risco, a variância e o coeficiente de variação para cada subprocesso do TMB, relativo aos critérios e classificação de microrganismos de Portugal, Canadá e Alemanha.

Evidencia-se que os subprocessos do TMB com risco de exposição “Elevado” correspondem às atividades desenvolvidas nas cabines de pré-triagem e triagem, mesmo variando a classificação de microrganismos segundo os critérios de Portugal, Canadá e Alemanha. Os restantes subprocessos dos TMB apresentam um resultado de risco “*Médio*”, com exceção da zona dos Pulpers, Buffers e Digestores que apresenta um resultado “*Baixo*”.

Tabela 19 - Média de risco para cada subprocesso do TMB, pelo método MIAR^{Biowaste}

	Classificação de microrganismos de acordo com os critérios:											
	Portugal				Canadá				Alemanha			
	Desvio Padrão	Média	Variância	Coeficiente de variação	Desvio Padrão	Média	Variância	Coeficiente de variação	Desvio Padrão	Média	Variância	Coeficiente de variação
1. Receção no TMB	0.39	2 (Médio)	.15	33%	0.51	2 (Médio)	0.27	33%	0.51	2 (Médio)	0.27	33%
2. Cabine de Pré Triagem	0.51	3 (Elevado)	0.27	20%	0.51	3 (Elevado)	0.27	20%	0.51	3 (Elevado)	0.27	20%
3. Abre Sacos	0.29	2 (Médio)	0.08	27%	0.29	2 (Médio)	0.08	27%	0.29	2 (Médio)	0.08	27%
4. Trommel												
5. Separador Balístico												
6. Cabine de Triagem	0.52	3 (Elevado)	0.27	21%	0.51	3 (Elevado)	0.27	20%	0.49	3 (Elevado)	0.24	18%
7. Separador Ótico	0.00	1 (Baixo)	0.00	0%	0.00	1 (Baixo)	0.00	0%	0.00	1 (Baixo)	0.00	0%
8. Material recuperado do RSU sujeito a tratamento biológico												
9. Pulper												
10. Buffers												
11. Espessadores	0.38	2 (Médio)	0.14	33%	0.65	2 (Médio)	0.42	40%	0.66	2 (Médio)	0.44	43%
12. Digestores	0.00	1 (Baixo)	0.00	0%	0.00	1 (Baixo)	0.00	0%	0.00	1 (Baixo)	0.00	0%
13. Prensas de desidratação	0.42	2 (Médio)	0.18	35%	0.53	2 (Médio)	0.28	35%	0.48	2 (Médio)	0.23	28%

	Classificação de microrganismos de acordo com os critérios:											
	Portugal				Canadá				Alemanha			
	Desvio Padrão	Média	Variância	Coefficiente de variação	Desvio Padrão	Média	Variância	Coefficiente de variação	Desvio Padrão	Média	Variância	Coefficiente de variação
14. Alimentação com material estruturante	0.00	2 (Médio)	0.00	0%	0.00	2 (Médio)	0.00	0%	0.00	2 (Médio)	0.00	0%
15. Pré-compostagem												
16. Fase de compostagem												
17. Sala de Comando	0.39	2 (Médio)	0.15	33%	0.52	2 (Médio)	0.27	35%	0.52	2 (Médio)	0.27	35%

Para a ponderação “*gravidade*” do método MIAR^{Biowaste} utilizou-se a classificação dos grupos de risco, conjugado com os princípios do autor (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2009), definidos no método NTP 833, que classifica os microrganismos também segundo as suas características alergénicas, tóxicas e cancerígenas. Contudo, não foi atribuído aos microrganismos classificados do Grupo 4 a mesma ponderação para avaliação que os agentes biológicos não infecciosos considerados de categoria IV. Para o parâmetro de avaliação gravidade foi atribuído o valor “5” para os agentes biológicos classificados no Grupo 4 e o valor “4” para agentes biológicos classificados do Grupo 3 ou agentes biológicos não classificados, mas com reconhecidas implicações clínicas com efeitos cancerígenos.

Verificou-se que ao realizar a avaliação de risco pelo método MIAR^{Biowaste} a subjetividade associada à classificação do microrganismo, expressa no parâmetro “*gravidade*” da metodologia, reduz-se substancialmente proporcionando uma avaliação de riscos mais rigorosa.

Ao analisar a tabela 19 confirma-se que a aplicação do método MIAR^{Biowaste} para avaliação da exposição a agentes biológicos nas atividades de gestão de resíduos é exequível.

Este método só é reprodutível para vias de transmissão pela respiração, não sendo possível avaliar as atividades onde os microrganismos são transmitidos pela via cutânea através do corte e perfuração. Esta circunstância justifica-se pelo facto de se aplicar para o método MIAR^{Biowaste} critérios de avaliação de risco que seguem os princípios das ponderações definidas no método IRSST do autor (Cheneval et al., 2015), que é muito dirigido para uma exposição através da via respiratória.

4.5 Comparação entre métodos

Por forma a conseguir ter um panorama global do nível de risco de exposição a agentes biológicos no TMB, pela utilização das quatro metodologias de avaliação de risco conjugadas com as diferentes classificações de microrganismos, agrupou-se o significado dos níveis de risco.

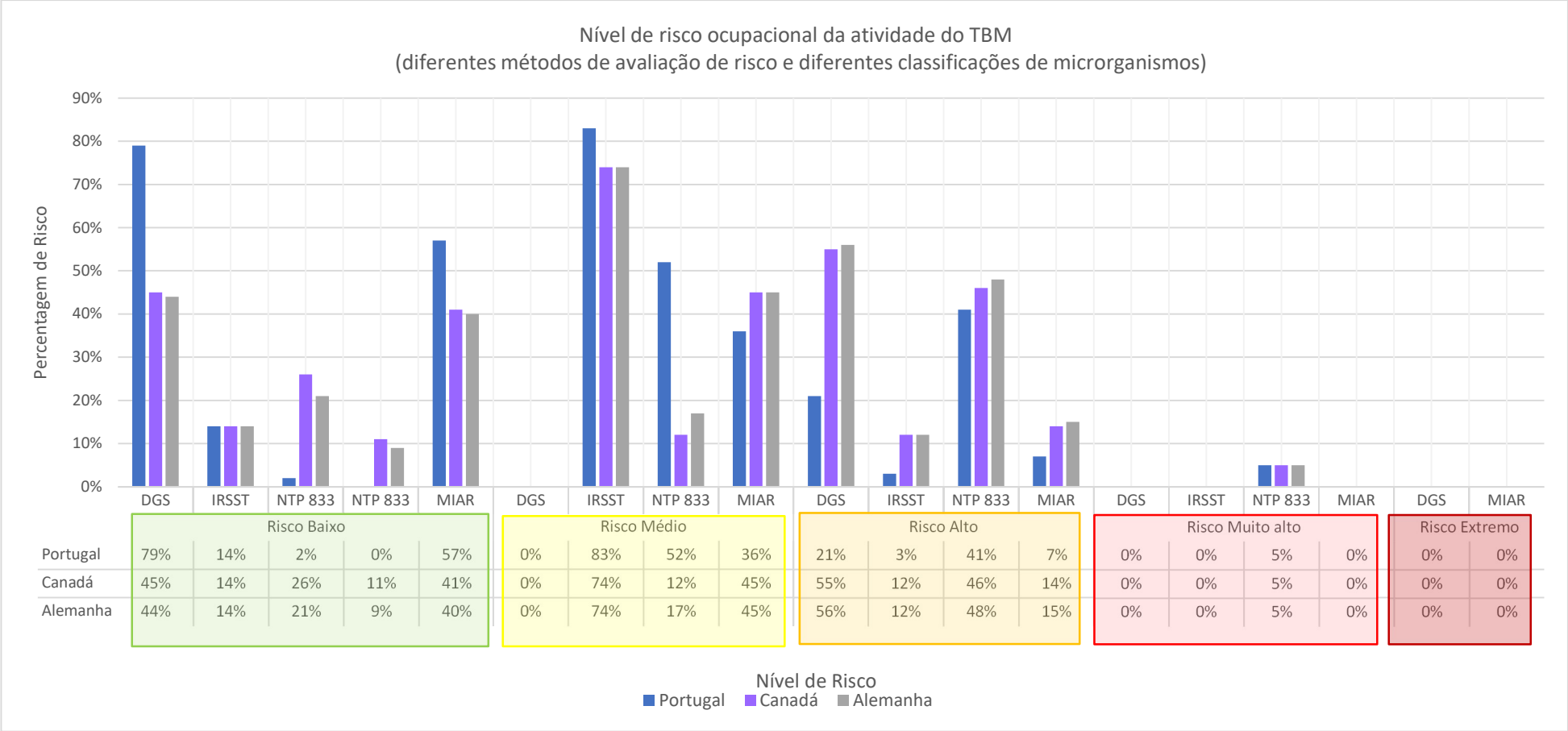


Figura 53 - Nível de risco TBM (comparação entre métodos)

Tabela 20 - Distribuição da percentagem do nível de risco obtido

Método de Avaliação de Risco	Significado do Nível de Risco	% de Risco Ocupacional obtido		
		Classificação de microrganismos Portugal	Classificação de microrganismos Canadá	Classificação de microrganismos Alemanha
DGS	Ligeiro	79%	45%	44%
IRSST	Baixo	14%	14%	14%
NTP 833	Negligenciável	2%	26%	21%
NTP 833	Baixo	-	11%	9%
MIAR Biowaste	Baixo	57%	41%	40%
DGS	Pouco grave	-	-	-
IRSST	Médio	83%	74%	74%
NTP 833	Médio	52%	12%	17%
MIAR Biowaste	Médio	36%	45%	45%
DGS	Moderado	21%	55%	56%
IRSST	Alto	3%	12%	12%
NTP 833	Alto	41%	46%	48%
MIAR Biowaste	Elevado	7%	14%	15%
DGS	Bastante grave	-	-	-
IRSST	Muito alto	-	-	-
NTP 833	Muito alto	5%	5%	5%
MIAR Biowaste	Muito elevado	-	-	-
DGS	Muito Grave	-	-	-
MIAR Biowaste	Extremo	-	-	-

Embora cada método de avaliação de risco tenha uma designação nominativa para o nível de risco obtido, ao aproximar e reagrupar os diferentes significados, verificou-se a existência de cinco níveis de risco: “*Baixo*”, “*Médio*”, “*Alto*”, “*Muito alto*” e “*Extremo*”. A figura 53 e a tabela 20 são representativas desta nova distribuição.

Constata-se que os métodos DGS, IRSST e MIAR^{Biowaste}, possuem uma distribuição do nível de risco que variam entre “*Baixo*”, “*Médio*” e “*Alto*”. O método NTP 833 é o único que possui um nível de risco “*Muito alto*”, que corresponde à avaliação da “*Aflatoxina B1*”, metabólito secundário do fungo “*Aspergillus Flavus*”, com propriedades cancerígenas.

É perceptível pela análise da figura 53 que, independentemente do método de avaliação de risco utilizado, a classificação dos microrganismos de acordo com os critérios do Canadá e Alemanha, provoca resultados muito próximos um do outro. Os resultados de Portugal divergem dos anteriores porque tem menos microrganismos classificados.

4.6 Seleção dos aparelhos de proteção respiratórios

Foi elaborada na matriz de avaliação de risco de exposição a agentes biológicos para a atividade de TMB, que se encontra no Apêndice 3, o cálculo para seleção dos aparelhos de proteção respiratória de acordo com o EN 529:2008 (IPQ, 2008).

Foi com base nos dois relatórios, da Suldouro, de medição ambiental de agentes biológicos para as bactérias e fungos, onde consta a informação do número total de UFC/m³ em cada subprocesso do TMB, que foi efetuado o cálculo para determinar a proteção mínima requerida. Posteriormente, foi associado o valor da proteção mínima requerida ao factor de proteção nominal, com o objetivo de selecionar a classe de aparelho de proteção respiratória adequada para cada tarefa.

Subprocesso/ Tarefa	Descrição do Subprocesso/ tarefa	Fator desencadeador	Perigo	Tipo de Microorganismo	Via de transmissão	Seleção Aparelho de Proteção Respiratória de acordo com a EN 529:2008				
						2012 Concentração máxima obtida (UFC/m ³)	2014 Concentração máxima obtida (UFC/m ³)	Concentração máxima de referência (UFC/m ³)	Proteção mínima requerida FPN (EN 529)	Seleção do APR (EN 529)
1 - Receção do TMB	Descarga de resíduos RSU na zona de receção Realizado pelos trabalhadores dos municípios que recolhem resíduos urbanos ou por empresas subcontratadas	Medições 2012 e 2014	<i>Bacillus licheniformis</i>	Bactéria	Via Respiratória por inalação	3980	2300	500	7,96	Máscara descartável contra partículas (EN 149) - FFP2
		Medições 2012	<i>Pedococcus pentoseaceus</i>	Bactéria	Via Respiratória por inalação					
		Medições 2012	<i>Bacillus subtilis</i>	Bactéria	Via Respiratória por inalação					
		Medições 2012 e 2014	<i>Bacillus cereus</i>	Bactéria	Via Respiratória por inalação					
		Medições 2014	<i>Pantoea spp</i>	Bactéria	Via Respiratória por inalação					

Figura 54 - Cálculo para a determinação APR

Os resultados obtidos foram comparados com a seleção do aparelho de proteção respiratória identificados pelo método de avaliação de riscos IRSST. Estes resultados estão apresentados na tabela 21.

Tabela 21 - Seleção de aparelhos de proteção respiratória

Subprocesso/ tarefa do TMB	Seleção do APR de acordo			
	EN 529:2008	Método avaliação de risco IRSST		
		Portugal	Canadá	Alemanha
1 – Receção do TMB	Máscara descartável contra partículas – FFP3, certificada de acordo com a norma EN 149	APF 10	APF 10	APF 10
2 – Cabine de pré triagem	Máscara descartável contra partículas FFP3, certificadas de acordo com a norma EN 149	APF 50	APF 50	APF 50
3 – Abre Sacos	Máscara descartável contra partículas FFP3, certificada de acordo com a norma EN 149	APF 10	APF 10	APF 10
4 – Trommel				
5 – Separador Balístico				
6 – Cabine de triagem	Máscara descartável contra partículas FFP1, certificada de acordo com a norma EN 149	APF 50	APF 50	APF 50
7 – Separador ótico	Máscara descartável contra partículas FFP3, certificada de acordo com a norma EN 149	APF 10	APF 10	APF 10
8 – Material recuperados do RSU sujeito a tratamento biológico				
9 – Pulper				
10 – Buffers				
11 – Espessadores	Máscara descartável contra partículas FFP1, certificada de acordo com a norma EN 149	APF 10	APF 10	APF 10
12 – Digestores	Máscara descartável contra partículas FFP3, certificada de acordo com a norma EN 149	APF 10	APF 10	APF 10
13 – Prensas de desitratação	Máscara descartável contra partículas FFP1, certificada de acordo com a norma EN 159	APF 10	APF 10	APF 10

Subprocesso/ tarefa do TMB	Seleção do APR de acordo			
	EN 529:2008	Método avaliação de risco IRSST		
		Portugal	Canadá	Alemanha
14 – Alimentação com material estruturante	Máscara descartável contra partículas FFP2, certificada de acordo com a norma EN 159	APF 10	APF 10	APF 10
15 – Pré compostagem				
16 – Compostagem				
17 – Sala de comando	Máscara descartável contra partículas FFP1, certificada de acordo com a norma EN 159	Nenhum EPI	Nenhum EPI	Nenhum EPI

Analisando a tabela 21, que compara a seleção dos aparelhos de proteção respiratória pelo método de cálculo definido na EN 529:2008 com o método IRSST do autor (Lavoie et al., 2013), constatou-se que a norma portuguesa considera adequada a utilização de máscaras descartáveis contra partículas, certificada pela EN 149, na atividade do TMB, sendo que a classe de filtro varia entre P1, P2 e P3 conforme as concentrações dos poluentes biológicos medidos nos diferentes locais do TMB. Enquanto o método IRSST considera adequado a utilização de máscara APF 50 (classificação de acordo com as OSHA, equivalente a uma máscara completa com filtro, reutilizável, certificada com a norma EN 136) nos subprocessos das cabines de pré-triagem e triagem e uma máscara APF 10 (classificação de acordo com as OSHA, equivalente à máscara descartável, certificada pela norma EN 149) nos restantes locais do TMB.

Segundo a EN 529:2008 os locais onde se deve utilizar a classe P3, para as máscaras descartáveis, são a receção de RU no TMB, a cabine de pré-triagem, as zonas do trommel, separador balístico, pulper, buffers e digestores. A classe do filtro P2 é para ser utilizada nas zonas de pré-compostagem e compostagem e a classe P1 na cabine de triagem, sala dos espessadores, prensas de desidratação e sala de comando.

Se compararmos a seleção do APR para o TMB segundo a EN 529 com o método IRSST, a situação mais disruptiva é a seleção do APR para as cabines de pré-triagem e triagem. Enquanto a EN 529 recomenda máscaras descartáveis com classe de proteção P3 na cabine de pré-triagem e classe P1 na cabine de triagem, o método IRSST recomenda uma máscara completa com filtro reutilizável para estes locais.

Esta divergência justifica-se porque a seleção do APR segundo a EN 528 fundamenta-se numa medição de microrganismos, que posteriormente relaciona o valor do contaminante no exterior da peça facial e o valor do contaminante no interior da peça facial para definir a classe de proteção requerida ao APR, enquanto que, a determinação do APR pelo método IRSST, baseia-se no critério do avaliador durante o processo de avaliação de risco.

O autor do método IRSST (Lavoie et al., 2013), ao proceder à avaliação de risco para as unidades de gestão de resíduos concluiu que o APR recomendado é um APF 10. Para chegar a esta conclusão o autor considerou que os microrganismos existentes nestes locais pertencem ao grupo 1, que a ventilação é geral e a aerossolização é alta.

5 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

5.1 Conclusões

A atividade de gestão de resíduos induz os trabalhadores à exposição não intencional de agentes biológicos. Diferentes estudos científicos, (EU-OSHA, 2019), (Schlosser, 2019), (Schlosser et al., 2020), divulgam a existência de uma relação direta entre a exposição a agentes biológicos com o surgimento de doenças com implicações clínicas que afetam nomeadamente, o aparelho respiratório, irritações dos olhos e mucosas, alergias, síndrome de poeira orgânica tóxica, entre outros.

Para conseguir-se estabelecer medidas de prevenção adequadas para a proteção dos trabalhadores, é essencial que a metodologia de avaliação de risco seja fiável para obter um resultado com nível de risco fidedigno.

Dos quatros métodos aplicados, foram selecionados os métodos IRSST e MIAR^{Biowaste} como os que mais se adequam para se proceder à avaliação de riscos nas atividades de gestão de resíduos. O método da DGS e o método NTP 833 não são adequados.

O método DGS é pouco adequado como metodologia de avaliação de risco a exposição a agentes biológicos na atividade do TMB. O facto do cálculo do risco por este método consistir apenas na multiplicação do fator gravidade pela probabilidade de exposição, possibilita uma desvalorização da exposição perigosa. Ao correspondermos o parâmetro gravidade à classificação dos agentes biológicos, os microrganismos não infecciosos, por não serem classificados, são automaticamente considerados como pertencentes ao grupo 1 e consequentemente é-lhes atribuída uma significância da gravidade “*Ligeira*”. Por isso, o nível de risco obtido será sempre minorado/ desvalorizado. O exemplo concreto desta circunstância é a avaliação da exposição ao fungo “*Aspergillus Flavus*”, que liberta um metabólito secundário (“*Aflatoxina B1*”) com propriedades cancerígenas, que por não ser um microrganismo classificado por Portugal, a sua avaliação de risco é, erradamente, considerada “*Ligeira*”. Este método tem resultados mais próximos da realidade quando a avaliação de risco é realizada com base nos critérios de classificação de microrganismos do Canadá ou a Alemanha, dado que nestes países a classificação é muito mais abrangente.

O método NTP 833 não é adequado para a avaliação do risco de exposição a agentes biológicos na atividade do TMB. O método foi conceptualizado para atividades sem intenção deliberada de manipulação de agentes biológicos, como é o caso da atividade de gestão de resíduos, e permite inclusive avaliar a exposição a agentes biológicos não infecciosos. Porém, os resultados da avaliação de risco obtidos foram demasiadamente distribuídos pelas bandas de risco, ao ponto de não transmitirem fiabilidade. Um dos fatores que provoca a penalização do risco é equiparar os agentes biológicos não infecciosos da categoria IV a agentes biológicos infecciosos do grupo 4.

O método IRSST é adequado e funcional para a avaliação do risco de exposição a agentes biológicos, na atividade do TMB, para situações em que a via de transmissão é por inalação. A descrição dos parâmetros de avaliação de risco da metodologia não permite avaliar agentes biológicos cuja via de transmissão seja percutânea. Embora a aplicação da metodologia seja limitada à exposição por via respiratória, este condicionalismo não é decisivo porque nas atividades de gestão de resíduos a grande maioria dos agentes biológicos encontram-se em suspensão no ar (bioaerossóis). Este método obteve resultados muito homogêneos na avaliação de risco segundo os critérios de classificação dos microrganismos de Portugal, Canadá e Alemanha, o que confirma a sua adequabilidade e reprodutibilidade neste setor. Como o método está concebido para avaliar agentes biológicos contaminantes por via respiratória, as medidas de controlo são a seleção de aparelhos de proteção respiratória adequados, tornando-se uma vantagem em relação aos outros métodos que apresentam medidas de controlo de forma generalizada.

Comparando os resultados obtidos para a seleção dos aparelhos de proteção respiratória do método IRSST com os resultados da norma EN 529:2008, concluiu-se que o método IRSST é mais conservador no nível de proteção para seleção dos aparelhos respiratórios.

O método MIAR^{Biowaste} é adequado para a avaliação do risco de exposição a agentes biológicos na atividade do TMB, porque os parâmetros de avaliação são muito objetivos. Estes parâmetros, gravidade, extensão do impacto, exposição e desempenho de sistema de prevenção e controlo, advêm da conjugação seletiva das ponderações dos métodos NTP 833 e IRSST. O facto de possuir parâmetros de ponderação bastantes descritivos permite reduzir substancialmente a subjetividade do avaliador.

Com a aplicação das diferentes metodologias de avaliação de risco destaca-se que:

- Existem diferentes classificações para os microrganismos;
- Qualquer que seja a metodologia de avaliação de risco selecionada só é reprodutível se for efetuada previamente, a medição ambiental de agentes biológicos;
- É fundamental fazer um levantamento das implicações clínicas para cada agente biológico por forma a atribuir ao parâmetro gravidade um “valor” adequado.

5.2 Limitações e vieses

As possíveis avaliações de risco de exposição a agentes biológicos no TMB estão sustentadas em metodologias semiquantitativas, que condicionam a obtenção do nível real de risco que se pretende. Se o método de avaliação de risco para os agentes biológicos fosse realizado através de uma avaliação quantitativa do nível de exposição, com métodos padronizados e reconhecidos internacionalmente o nível de risco obtido retrataria, com precisão e rigor, os resultados. A situação ideal seria que a avaliação de risco de exposição a agentes biológicos fosse equiparável à avaliação de exposição a agentes químicos, com a determinação de VLE que representam valores de exposição correspondentes a níveis de risco aceitáveis.

Outra limitação foi detetada durante a pesquisa bibliográfica. Constatou-se que vários artigos científicos mencionavam a existência de doenças associadas à exposição do risco biológico na indústria de gestão de resíduos, no entanto, verificou-se a dificuldade em encontrar registo de doenças profissionais relacionadas com a exposição. Para ultrapassar essa limitação, foi solicitada informação estatística ao Gabinete de Estratégia e Planeamento (GEP) sobre doenças profissionais associadas ao risco biológico, no período de 2015-2019, sem ter obtido resposta. Assim mantém-se a falha na apresentação de resultados sobre doenças profissionais na parte 2 do trabalho.

5.3 Perspetivas Futuras

Apesar de os métodos de avaliação de risco elegíveis conseguirem fornecer resultados fiáveis, só se consegue proceder a uma verdadeira avaliação de riscos quando:

- A classificação dos microrganismos for standarizada e universal;
- Existir uma medição normalizada de agentes biológicos segundo normas acreditadas;
- For estabelecido VLE para exposição.

Se fosse possível implementar os itens anteriores, os erros cometidos hoje na conceção de postos de trabalho, seriam evitáveis nos processos futuros, prevenindo doenças profissionais e o seu impacto na saúde e na economia.

6 BIBLIOGRAFIA

- Antunes, F. A., Baptista, J. S., & Diogo, M. T. (2010). Metodologia de avaliação integrada de riscos ambientais e ocupacionais. *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene*, (February), 75–79.
- Apa. (2010). *Qualidade do Ar em Espaços Interiores Um Guia Técnico 2010*.
- APCER. (2010). *Guia interpretativo OHSAS 18001:2007*.
- Backert, S., König, W., König, B., & Arnold, R. (2006). Induction and modulation of inflammatory networks by bacterial protein toxins. *The Comprehensive Sourcebook of Bacterial Protein Toxins*, 887–918. <https://doi.org/10.1016/B978-012088445-2/50059-7>
- Bünger, J., Schappler-Scheele, B., Hilgers, R., & Hallier, E. (2007). A 5-year follow-up study on respiratory disorders and lung function in workers exposed to organic dust from composting plants. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 80(4), 306–312. <https://doi.org/10.1007/s00420-006-0135-2>
- Carducci, A., Donzelli, G., Cioni, L., & Verani, M. (2016). Quantitative microbial risk assessment in occupational settings applied to the airborne human adenovirus infection. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph13070733>
- Carvalho, I. T. de. (2010). *Microbiologia Básica*.
- Cheneval, E., Busque, M. A., Ostiguy, C., Lavoie, J., Bourbonnais, R., Labreche, F., ... Zayed, J. (2015). Green Jobs: Definition and Method of Appraisal of Chemical and Biological Risks. *Annals of Occupational Hygiene*, 60(3), 290–304. <https://doi.org/10.1093/annhyg/mev089>
- Corra, C. R. N., Mazzotta, A., La Torre, G., & De Giusti, M. (2012). Biological risk and occupational Health. *Industrial Health*, 50(4), 326–337. <https://doi.org/10.2486/indhealth.MS1324>
- Costa, J. P. F. da. (2010). *TMB - Avaliação do seu potencial para recuperação de materiais recicláveis*. 1–92.
- Déportes, I., Benoit-Guyod, J. L., & Zmirou, D. (1995). Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review. *Science of the Total Environment*, 172(2–3), 197–222. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04808-1](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04808-1)
- DGS. (2004). Medidas de Controlo de Agentes Biológicos nocivos à saúde dos trabalhadores - Recomendações gerais. *Saúde Ocupacional*, 1–23.
- DGS. (2013). *Informação Técnica n.º 6/2013*. 1–5.
- Domingo, J. L., Rovira, J., Vilavert, L., Nadal, M., Figueras, M. J., & Schuhmacher, M. (2015). Health risks for the population living in the vicinity of an Integrated Waste Management Facility: Screening environmental pollutants. *Science of the Total Environment*, 518–519, 363–370. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.010>
- Dos Santos, M. C., Sousa, R. B., Oliveira, S. E. M., Lima, K. S. C., & Lima, A. L. S. (2014). Mycotoxins and their potential as warfare agents. *Revista Virtual de Química*, 6(3), 761–778. <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20140046>
- ERSAR. (2015). *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (2015)* (Vol. 1).
- ERSAR. (2018). *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (2018)* (Vol. 1).
- ERSAR. (2019). *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (2019)* (Vol. 1).

- EU-OSHA. (2003). Biohazards. *Factsheet 41 - Agentes Biológicos*, 122–144. <https://doi.org/10.1016/b978-012241540-1/50006-5>
- EU-OSHA. (2008). Avaliação de riscos : funções e responsabilidades. *Facts 80*, 2. Retrieved from <https://osha.europa.eu/pt/tools-and-publications/publications/factsheets/80>
- EU-OSHA. (2017). *Exposure to biological agents and related health effects in the waste management and wastewater treatment sectors*. 1–11.
- EU-OSHA. (2019). *Biological agents and work-related diseases : results of a literature review , expert survey and analysis of monitoring systems*. <https://doi.org/10.2802/559114>
- Farrell, M., & Jones, D. L. (2009). Critical evaluation of municipal solid waste composting and potential compost markets. *Bioresource Technology*, 100(19), 4301–4310. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.04.029>
- Fracchia, L., Pietronave, S., Rinaldi, M., & Martinotti, M. G. (2006). The assessment of airborne bacterial contamination in three composting plants revealed site-related biological hazard and seasonal variations. *Journal of Applied Microbiology*, 100(5), 973–984. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.02846.x>
- Goyer, N., Lavoie, J., Lazure, L., & Marchand, G. (2001). *Bioaerosols in the Workplaces: Evaluation, Control and Prevention Guide*.
- Guerreiro, J., Ramos, C., Veiga, J., Velho, M., Fernandes, P., Gonçalves, S., & Pinto, M. (2008). *Avaliação de Riscos Biológicos em Unidades de Recolha Seletiva e Aterro Sanitário*.
- Gutarowska, B., Skóra, J., Stępień, Ł., Szponar, B., Otlewska, A., & Pielech-Przybylska, K. (2015). Assessment of microbial contamination within working environments of different types of composting plants. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 65(4), 466–478. <https://doi.org/10.1080/10962247.2014.960954>
- Hernández, M. A. M. (2006). Directrices para evaluar el riesgo biológico. *Centro Nacional de Nuevas Tecnologías*.
- INE. (2019). *Estatísticas do Ambiente 2018* (Vol. 53).
- INSA. (2005). *Recomendações para as precauções de isolamento - básicas e dependentes das vias de transmissão*. 65(1), 106. <https://doi.org/10.2307/40146193>
- INSST. (2014). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos*.
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, I. (2009). NTP 833 - Agentes biológicos. Evaluación simplificada. *Instituto Nacional de Seguridad y Salud En El Trabajo, INSST*, 1–6.
- IPQ. (2008). *Norma Portuguesa NP EN529:2008 - Aparelhos de Proteção Respiratória. Recomendações para a seleção, utilização, precauções e manutenção. Documento guia*.
- ISO. (2012). *Norma Portuguesa NP ISO 31000:2012 - Gestão de Risco, Linhas de Orientação*. 1–15.
- ISO. (2018). *Norma Portuguesa NP ISO 31000:2018 - Gestão de Risco, Linhas de Orientação*.
- Kim, K. H., Kabir, E., & Jahan, S. A. (2017). Airborne bioaerosols and their impact on human health. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 67, 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2017.08.027>
- L.D.M. Pantoja, M.S. Couto, M. S. C. (2007). *Diversidade de Bioaerossóis presentes em ambientes urbanizados e preservados de um Campus universitário*. 41–47.
- Lavoie, J., Neesham-Grenon, E., Debia, M., Cloutier, Y., & Marchand, G. (2013). *Studies and*

Research Projects - Development of a Control Banding Method for Selecting Respiratory Protection Against Bioaerosols.

- Levinson, W. (2010). *Microbiologia Médica e Imunologia*.
- Matos, A. C. D. A. P. V. A., Guarda, C. P. M. C. S. S. G. V. S. H. M. I. M. C. L., & Salvador, M. J. M. P. P. S. (2010). *Gestão dos Riscos Profissionais em Estabelecimentos de Saúde*.
- Mol, M. P. G., Cairncross, S., Greco, D. B., & Heller, L. (2017). Is waste collection associated with hepatitis B infection? A meta-analysis. *Revista Da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 50(6), 756–763. <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0010-2017>
- MTE. (2008). *Riscos Biológicos - Guia Técnico*. 66. Retrieved from <http://www.sindimagem.org.br/sindimagem/grupodeestudostecnicos.php?ssc=0&id=91&pg=1>
- Neves, A. C. (2003). O Paradigma do Prion. *Revista Neurociências*, 11(1), 40–45. <https://doi.org/10.34024/rnc.2003.v11.8893>
- Nikaeen, M., Hatamzadeh, M., Hasanzadeh, A., Sahami, E., & Joodan, I. (2008). Bioaerosol emissions arising during application of municipal solid-waste compost. *Aerobiologia*, 25(1), 1–6. <https://doi.org/10.1007/s10453-008-9102-6>
- OSHA, O. S. and H. A. U. S. D. of L. (2009). Assigned protection factors for the Revised Respiratory Protection Standard. *Occupational Safety and Health Administration U.S. Department of Labor*, 13(2), 33. <https://doi.org/10.1016/j.jchas.2006.01.007>
- Rodrigues, A., Falcato, A., Baptista, A., Santos, C. S., Krippahl, H., Moreira, J. P., ... Moreira, S. (2013). *ATUAÇÃO DOS RESPONSÁVEL - SIR Segurança e Saúde do Trabalho*.
- Schlosser, O. (2019). Bioaerosols and Health: Current Knowledge and Gaps in the Field of Waste Management. *Detritus, Volume 05(0)*, 1. <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2019.13786>
- Schlosser, O., Robert, S., & Noyon, N. (2020). Airborne mycotoxins in waste recycling and recovery facilities: Occupational exposure and health risk assessment. *Waste Management*, 105, 395–404. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.02.031>
- Suldouro. (2011). *Pedido de Licença de Operação de Gestão de Resíduos - TMB*.
- Suldouro. (2015). *Plano de Ação do PERSU 2020*.
- Suldouro. (2016). *Pedido de Renovação com alterações da operação de gestão de resíduos - TMB*.
- Suldouro. (2018). *Relatório & contas 2018*.
- Sykes, P., Jones, K., & Wildsmith, J. D. (2007). Managing the potential public health risks from bioaerosol liberation at commercial composting sites in the UK: An analysis of the evidence base. *Resources, Conservation and Recycling*, 52(2), 410–424. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2007.05.005>
- Tolvanen, O. K., & Hänninen, K. I. (2005). Mechanical-biological waste treatment and the associated occupational hygiene in Finland. *Waste Management*, 26(10), 1119–1125. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.07.020>
- Van Kampen, V., Deckert, A., Hoffmeyer, F., Taeger, D., Brinkmann, E., Brüning, T., ... Bünger, J. (2012). Symptoms, spirometry, and serum antibody concentrations among compost workers exposed to organic dust. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues*, 75(8–10), 492–500. <https://doi.org/10.1080/15287394.2012.674918>
- Varela, A. L., & Pombo, J. T. (2004). *Coa Exposición a Axentes Biolóxicos : a Súa Avaliación E Control*.
- Vilavert, L., Figueras, M. J., Schuhmacher, M., Nadal, M., & Domingo, J. L. (2014).

Formaldehyde: A chemical of concern in the vicinity of MBT plants of municipal solid waste. *Environmental Research*, 133, 27–35. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.04.041>

Vilavert, L., Nadal, M., Figueras, M. J., & Domingo, J. L. (2011). Volatile organic compounds and bioaerosols in the vicinity of a municipal waste organic fraction treatment plant. Human health risks. *Environmental Science and Pollution Research*, 19(1), 96–104. <https://doi.org/10.1007/s11356-011-0547-8>

APÊNDICES

Apêndice 1 – Comparação da revisão bibliográfica

Apêndice 2 – Informação da revisão bibliográfica para análise de risco

Apêndice 3 – Matriz de avaliação de risco de exposição a agentes biológicos na atividade do TMB

Tabela 22 - Comparação da revisão bibliográfica

Identificação do Artigo		Objetivo	Materiais e Métodos	Resultados	Conclusões
Título	Volatile organic compounds and bioaerosols in the vicinity of a municipal waste organic fraction treatment plant. Human health risks	O objetivo deste estudo foi analisar as concentrações de ar poluente, químicos e microbiológicos nas proximidades da unidade de TMB no Ecoparc 2.	A análise microbiológica do ar procurou detetar os seguintes microrganismos: - bactérias totais e fungos como indicadores gerais; - bactérias Gram-negativas como indicadores de patogênicos oportunistas; - <i>Aspergillus fumigatus</i> como fungos potencialmente perigosos para a população. A metodologia utilizada para a análise de amostras de ar, em meios de cultura, foi o dispositivo Sampl'Air Lite Laboratoires, Bruz, França. Foram definidos 12 pontos de amostra, situados a 300, 600 e 900m da instalação. As colheitas foram efetuadas em fevereiro e julho de 2010. As amostras de ar foram de 1 minuto de duração, exceto para bactérias gram-negativas que foi de 3 minutos. Foi utilizado o software estatístico SPSS 17.0 para tratamento dos dados.	Não foram identificadas diferenças significativas de bactérias e fungos (UFC/m3) entre as 2 estações do ano. As concentrações biológicas mais elevadas correspondem aos fungos a 25°C, nas 2 estações do ano. As segundas concentrações mais elevadas correspondem aos fungos a 37°C, no verão. As terceiras concentrações mais elevadas correspondem a bactérias no verão. A concentração dos bioaerossóis restantes (bactérias gram-negativas e <i>A. fumigatus</i>) foi bastante baixa.	De acordo com os resultados obtidos, a unidade de tratamento de fração orgânica do Ecoparc 2 tem um baixo impacto face às concentrações aéreas de COVs e bioaerossóis (bactéria e fungos). O número limitado de amostras de ar não permitiu concluir se a instalação pode vir a ter um impacto a médio e longo prazo sobre o meio ambiente e a população local, uma vez que existem muitas incertezas em relação às concentrações para a maioria dos agentes químicos e biológicos.
Autores	Lolita Vilavert & Martí Nadal & María J. Figueras & José L. Domingo				
Ano de Publicação	2011				
País	Espanha (Ecoparc 2 – Montcada-i-Reixac)				
Título	Formaldehyde: A chemical of concern in the vicinity of MBT	O objetivo deste estudo foi analisar as concentrações de ar poluente, químicos e microbiológicos nas proximidades da unidade de TMB no Ecoparc 2. (acompanhamento do estudo de 2010, publicado em 2011)	Foi utilizado a mesma metodologia da publicação de 2011, mas com amostragens semestrais (2010 e 2011). Foi utilizado o software estatístico SPSS 19.0 para tratamento dos dados.	Confirma-se a tendência de maior concentração de fungos a 25°C, com predominância no inverno. O total de bactérias apresentou grande variabilidade, tendo concentrações mais elevadas no verão. As bactérias gram negativas apresentaram concentrações muito baixas. O <i>A. Fumigatus</i> não foi detectado na maioria das amostras.	Foram confirmadas tendências sazonais de concentração de bactérias e fungos nas 2 estações do ano.
Autores	Lolita Vilavert, María J. Figueras, Marta Schuhmacher, Martí Nadal, José L. Domingo				
Ano de Publicação	2014				
País	Espanha (Ecoparc 2 – Montcada-i-Reixac)				
Título	Health risks for the population living in the vicinity of an Integrated	O objetivo deste estudo foi analisar as concentrações de	Foram considerados 9 pontos de amostra, situados a 300, 600 e 900m da instalação.	Devido à falta de valores limites de exposição para o agentes biológico não	Necessidade de desenvolvimento de estudos de monitorização química e

Identificação do Artigo		Objetivo	Materiais e Métodos	Resultados	Conclusões
Autores	Waste Management Facility: Screening environmental pollutants José L. Domingo, Joaquim Rovira, Lolita Vilavert, Martí Nadal, María J. Figueras, Marta Schuhmacher	poluentes químicos e microbiológicos na unidade de TMB e PCDD/Fs e PCBs da incineradora no Ecoparc 3.	A análise microbiológica do ar procurou detetar os seguintes microrganismos - bactérias totais e fungos a 25°C e 37°C. - <i>Aspergillus fumigatus</i> como fungos potencialmente perigosos para a população.	possível avaliar as consequências para a saúde humana. As concentrações de bactérias totais são semelhantes às encontradas na instalação do TMB do Ecoparc 2. As concentrações de fungos foram substancialmente menores do que as medidas no TMB do Ecoparc 2. O <i>A. Fumigatus</i> não foi detectado.	biológica para conseguir avaliar impactos na saúde humana associada à exposição destes contaminantes. Cada TBM apresenta resultados diferentes uns dos outros.
Ano de Publicação	2015				
País	Espanha (Ecoparc 3 – Barcelona, Sant Adrià de Besòs)				
Título	Managing the potential public health risks from bioaerosol liberation at commercial composting sites in the UK: An analysis of the evidence base	Este artigo aborda as limitações atuais sobre os potenciais riscos para a saúde pública provocados pela exposição a bioaerossóis das novas tecnologias para o tratamento dos resíduos: TBM, digestão anaeróbica e compostagem.	Tentativa de aplicar a metodologia de avaliação de risco quantitativa (QRA – quantitative risk assessment) para avaliar os impactos na saúde provocadas pela exposição a bioaerossóis. Etapas do QRA: 1. Identificar riscos; 2. Medir a exposição; 3. Estabelecer o efeito adverso dessa exposição.	Na Inglaterra os VLEs para bactérias e fungos é de 1000ufc/m ³ e para as bactérias gram-negativas é de 300ufc/m ³ . A agência do meio ambiente inglesa acredita que os valores das medições apresentadas são conservadoras e, que se fossem efetivamente cumpridos os valores de referência, podiam ser um obstáculo ao progresso para alcançar as metas de reciclagem e compostagem estabelecidas para o reino unido.	O uso de QRA para determinar o risco à saúde humana provocado pelas novas atividades de gestão de resíduos é atualmente limitado, devido às incertezas existentes. A composição e concentração do bioaerossol variam muito ao longo do tempo. Não existem relações de dose-efeito, porque os bioaerossóis são constituídos por uma mistura variada de agentes biológicos com potencial tóxico. Mesmo como a existência de valores de referência (VLE) para os bioaerossóis, avaliar o cumprimento seria difícil devido à falta de metodologias acreditadas.
Autores	Peter Sykes, Ken Jones, John. D. Wildsmith				
Ano de Publicação	2007				
País	Inglaterra				
Título	The assessment of airborne bacterial contamination in three composting plants revealed site-related biological hazard and seasonal variations	As unidades de compostagem são uma fonte importante de bioaerossóis, altamente carregadas com microrganismos	A instalação 1 trata as frações orgânicas dos resíduos sólidos municipais. A instalação 2 trata resíduos sólidos municipais não triados. A instalação 3 produz composto a partir de resíduos sólidos municipais e verdes.	Instalação 1 - A concentração de bactérias mesofílicas e termofílicas, actinomicetes e streptomicetes, foi identificada na zona de abre-sacos, quer no verão, quer no inverno.	Os elevados níveis de contaminação bacteriana, e a deteção de microrganismos patogénicos, constituem um risco para a saúde dos trabalhadores. Sugere-se o uso de EPI de proteção respiratória,

Identificação do Artigo		Objetivo	Materiais e Métodos	Resultados	Conclusões
Autores	Fracchia, L., Pietronave, S., Rinaldi, M. Martinotti, M.G	patogénicos - vírus, bactérias e parasitas. O objetivo deste estudo consistiu em avaliar a contaminação bacteriana em 3 unidades de compostagem, nas 2 estações do ano e, avaliar o impacto na saúde dos trabalhadores.	As amostras foram recolhidas nas etapas mais críticas do processo de compostagem com a presença de trabalhadores. Todas as amostras foram recolhidas contra o vento. As amostras foram realizadas nos mesmos locais, quer no verão, quer no inverno. A metodologia utilizada para a análise de amostras de ar, em meios de cultura, foi o dispositivo Surface Air System-Super 180. Foi utilizado o software Mathematica 5 para AMD64, para comparar as cargas biológicas.	- A concentração de bactérias foi maior no inverno do que no verão. - No sistema “external windrows turning” foi detectado elevada concentração de bactérias mesofílicas Instalação 2 - A concentração de bactérias mesofílicas e termofílicas, actinomicetes e streptomicetes, foram muito elevadas no sistema “indoor treatment” e a sua concentração aumentou substancialmente no verão. - Na zona no biofiltro as concentrações foram mais elevadas no inverno, excepto para as bactérias termofílicas e streptomicetes. Instalação 3 - Na cabine das máquinas de “revolver o composto” foi detetado valores muito elevados de concentrações, quer de inverno quer de verão. Os valores na cabine foram 10 vezes maiores que no biofiltro.	luvas de borracha e vestuário de trabalho. O processo “indoor treatment” deve possuir um sistema de pressão negativa para evitar a migração dos contaminantes para o exterior. As cabines das máquinas devem ter filtros HEPA.
Ano de Publicação	2006				
País	Itália				
Título	Bioaerosols and health: current knowledge and gaps in the field of waste management	Existem fortes evidências que relacionam a exposição ocupacional a bioaerossóis, a doenças respiratórias e outras afetações na saúde, nas atividades de gestão de resíduos urbanos, nomeadamente no TBM e compostagem. O objetivo deste estudo foi avaliar o conhecimento existente sobre a exposição a bioaerossóis nestes locais.	Foi efetuado uma pesquisa bibliográfica sobre o tema bioaerossóis na atividade de gestão de resíduos urbanos. As fontes consultadas foram as bases de dados “Medline”, “Google, Google – Scholar) e outras publicações. Foram selecionados artigos que continham a palavra “gestão de resíduos urbanos” com a combinação de, no mínimo, uma das seguintes palavras: “biohazard identification”, “bioaerosol measurement”, “exposure assessment”, “health outcome in exposed people (case reports, epidemiological studies)”, “quantitative microbial risk assessment”, “experimentation in humans”, “measures of prevention”, “regulation”.	<u>Bioaerossóis</u> Os efeitos adversos para a saúde devido à exposição a bioaerossóis são divididos em infecciosos e não infecciosos. A identificação do perigo faz-se através da avaliação da análise microbiana das amostras de ar. Para a medição deve ser adoptado a metodologia definida nas normas EN 13098, EN14031 e EN 14583. As consequências para a saúde da exposição a bioaerossóis são difíceis de determinar devido à falta de relação dose-efeito e da avaliação quantitativa. <u>Atividade de Gestão de Resíduos</u>	Os níveis de concentração de fungos, bactérias e endotoxinas podem ser muito elevados, caso não sejam aplicadas as medidas de prevenção e controlo adequadas.
Autores	Olivier Schlosser				
Ano de Publicação	2019				
País	França				Exposições com elevadas concentrações de bioaerossóis têm impacto na saúde dos trabalhadores a longo prazo. A revisão bibliográfica constatou que existem muitas lacunas sobre a exposição a bioaerossóis na atividade de gestão de resíduos.

Identificação do Artigo		Objetivo	Materiais e Métodos	Resultados	Conclusões
			Foram selecionados 368 artigos científicos, 165 relacionados com a monitorização da exposição a bioaerossóis e 48 relativos à epidemiologia.	Os microrganismos existentes nos bioaerossóis na atividade de gestão de resíduos são principalmente: bactérias e fungos. Os agentes biológicos mais identificados nos artigos para a atividade de gestão de resíduos são fungos mesofílicos, endotoxinas e <i>A. Fumigatus</i> . A exposição aos vírus, micotoxinas e legionella está mal documentada. As concentrações de bioaerossóis são muito variáveis nas atividades de gestão de resíduos. Porém, existem tarefas às quais estão associadas elevadas concentrações de bioaerossóis - tarefas de agitação mecânica: descarga de resíduos, crivo, balístico e abre sacos.	Das diversas lacunas existentes deve ser dada prioridade à identificação de valores de referência para a exposição, métodos válidos e padronizados para a avaliação da exposição, bem como aos benefícios da aplicação das medidas de controlo e prevenção implementadas.
Título	Green Jobs Definition and Method of Appraisal of Chemical and Biological Risks	O objetivo deste estudo foi definir uma metodologia de avaliação de riscos para os agentes químicos e biológicos nos “empregos verdes”.	Método – “ <i>Biological control banding (CB)</i> ” Perigo → 4 níveis de perigo (4 grupos dos agentes biológicos). Exposição → o nível de controlo sobre o agente (C) + o nível de exposição (E). O nível de controle (C) é caracterizado pelo tempo gasto em tarefas de risco, levando em conta as medidas de controlo já implementadas. O nível de exposição (E) depende da distância entre a fonte de emissão e o trabalhador e a taxa de geração de agentes biológicos. C e E são classificados em cinco bandas cada. C é classificado de 0 a 2; E é classificado de 0 a 8. A soma de C e E resulta num “score” de exposição global, variando de 0 a 10. As pontuações globais são classificadas em quatro níveis, baixo, médio, alto e muito alto.	A gestão de resíduos urbanos está classificada no nível de risco alto (tabela 6 do artigo)	A ferramenta de avaliação de risco é acessível.
Autores	Erwan Cheneval, Marc-Antoine Busque, Claude Ostiguy, Jacques Lavoie, Robert Bourbonnais, France Labrèche, Bouchra Bakhiyi and Joseph Zayed				
Ano de Publicação	2015				
País	Canadá				

Identificação do Artigo		Objetivo	Materiais e Métodos	Resultados	Conclusões
Título	Airborne mycotoxins in waste recycling and recovery facilities: Occupational exposure and health risk assessment	O objetivo deste estudo foi avaliar o nível de exposição aérea à Aflatoxin B1, Echratoxin A, Gliotoxin e Sterigmatocystin nas instalações de gestão de resíduos.	Foram selecionadas para estudo e investigação 5 instalações de gestão de resíduos: - 2 unidades TMB; - 2 unidades de compostagem a grande escala; - 1 triagem.	Das 94 amostras, apenas 10 (11%) apresentaram resultados de medição quantificáveis.	Os trabalhadores do TMB podem estar expostos à Aflatoxin B1 e Sterigmatocystin, porém os níveis avaliados foram tão baixo que não constituem um risco para a saúde.
Autores	Olivier Schlosser, Samuel Robert, Naïke Noyon		Amostragem: - foram recolhidas 111 amostras de ar, 52 amostras estacionárias e 59 amostras pessoais baseadas nas tarefas - medição em 2 estações do ano verão/inverno - equipamento: sampler CIP 10	As micotoxinas quantificadas foram Aflatoxina B1 (em 3 amostras) e Sterigmatocystin (em 8 amostras), quer nas unidades de TMB, quer na triagem.	
Ano de Publicação	2020		Metodologia utilizada para avaliação de risco para a saúde: - o método de avaliação de risco consistiu em comparar diretamente a dose de micotoxina inalada por dia com o TDI permitido para alimentação. TDI – ingestão diária tolerável	Gliotoxina e Ochratoxina A não foram quantificadas em nenhuma das amostras.	
País	França			A concentração de Aflatoxina B1 foi de 0,06 ng/m ³ e a concentração de Sterigmatocystin variou entre 0,01 e 0,32 ng/m ³ .	
Título	Is waste collection associated with hepatitis B infection? A meta-analysis	O objetivo desta meta-análise foi contribuir para a discussão científica sobre a infeção pelo vírus VHB em trabalhadores da atividade da gestão de resíduos urbanos.	A pesquisa bibliográfica teve por base a metodologia de revisão sistemática referenciada em PRISMA Statement.	Os artigos evidenciam que os trabalhadores sem vacinação contra a hepatite B têm mais probabilidade de contrair a doença.	O risco de infeção por VHB na atividade de gestão de resíduos é reconhecido pelos artigos científicos. O manuseamento dos resíduos aumenta o risco de infeção. A vacinação contra a hepatite B é a forma mais efetiva de prevenir a doença.
Autores	'Marcos Paulo Gomes Mol, Sandy Cairncross, Dirceu Bartolomeu Greco e Leo Helle		Foram selecionadas pesquisas de publicações científicas desde dezembro 2013 até dezembro de 2016.	Os modelos da meta-análise evidenciaram uma associação estatisticamente significativa entre exposição a resíduos, cuidados de saúde ou domésticos e soropositividade de HBsAg.	
Ano de Publicação	2017		As palavras chaves utilizadas foram “ <i>hepatitis B</i> ” e “ <i>occupational exposure to waste</i> ”	Foi encontrada uma prevalência de infeção por HBV (sorologia positiva para HBsAg ou anti-HBc) de 4% para HBsAg e 21% para anti-HBc .	
País	Brasil		Para avaliar a qualidade dos artigos científicos selecionados foi atribuído a cada artigo uma pontuação que compreendia 8 parâmetros. Foi utilizado o software R, versão 3.4.0.	A taxa de soropositividade de HBsAg constatada neste estudo é semelhante à taxa intermediária global de 2-8%, de acordo com os dados da Organização Mundial da Saúde.	

Identificação do Artigo		Objetivo	Materiais e Métodos	Resultados	Conclusões
Título	Quantitative Microbial Risk Assessment in Occupational Settings Applied to the Airborne Human Adenovirus Infection	Este estudo desenvolveu um modelo para avaliar o risco microbiano associado à inalação de bioaerossóis contaminados com adenovírus humano (HAdV) - <i>Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA) methodology</i> . Foi utilizado o HAdVs como agente patogénico de referência para desenvolver o modelo preliminar de QMRA para avaliar o risco biológico, associado à inalação de bioaerossóis.	Para avaliar a presença de HAdV, nas unidades de gestão de resíduos, foram recolhidas 17 amostras, 8 das quais correspondiam a locais com maior nível de exposição. A metodologia utilizada consistiu: 1. na análise de amostras de ar utilizando meios de cultura (dispositivo Microflow Aquaria Srl, Milão); 2. Extração do DNA para análise viral (dispositivo Mini Kit de DNA Viral QIAamp) A concentração de HAdVs no ar é expressa em GC/m3.	A concentração de HAdVs nas atividades de gestão de resíduos obtida foi de 3.20GC/m3 no aterro e de 2.24GC/m3 nas áreas exteriores. Verificou-se uma tendência de probabilidade de infeção em função do tempo de exposição.	A diretiva 2000/54/CE, sobre a proteção de trabalhadores contra risco de exposição a agentes biológicos no local de trabalho, orienta as medidas de prevenção para níveis de contenção e vigilância na saúde. Como não são fornecidos valores limite para os agentes biológicos a simples presença no ar de agentes patogénicos implica o uso de EPI, independentemente do tempo de exposição. A aplicação da metodologia QMRA pode ser uma ferramenta útil. Porém, como é recente deve ser usada com cuidado.
Autores	Annalaura Carducci, Gabriele Donzelli, Lorenzo Cioni and Marco Verani				
Ano de Publicação	2016				
País	Itália				
Título	Assessment of microbial contamination within working environments of different types of composting plants	O objetivo deste estudo foi determinar o grau de contaminação microbiológica, tipo de microrganismos, tamanho das partículas de bioaerossóis e concentração de endotoxinas nas poeiras, de várias instalações de compostagem. Fornecer uma lista de microrganismos indicadores que podem representar ameaça.	A metodologia usada consistiu na análise de amostras de ar, utilizando meios de cultura, com o dispositivo MAS-100 Eco Air Sampler, da Merck, Alemanha. Foram adotados os requisitos definidos na norma EN 13098:2007. Para determinar o tamanho das partículas de bioaerossóis foi utilizado <i>six-stage Andersen sampler</i> . Este equipamento possibilita dividir os bioaerossóis em seis frações, de acordo com seus diâmetros aerodinâmicos; $\geq 7,0 \mu\text{m}$ (1º estágio), $7,0\text{-}4,7 \mu\text{m}$ (2º), $4,7\text{-}3,3 \mu\text{m}$ (3º), $3,3\text{-}2,1 \mu\text{m}$ (4º), $2,1\text{-}1,1 \mu\text{m}$ (5º) e $1,1\text{-}0,65 \mu\text{m}$ (6º). Para a análise da endotoxina, foi utilizado a espectrometria de cromatografia gasosa	Com a avaliação foram identificados nas instalações, de compostagem de resíduos verdes, bactérias e fungos, com predominância deste último. Microrganismos mais frequentes nas instalações de compostagem de verdes: - <i>B. pumilus</i> , - <i>Brevibacterium sp.</i> , - <i>Geobacillus stearothermophilus</i> , - <i>Kytococcus sedentarius</i> , - <i>Staphylococcus epidermidis</i> , - <i>Alternaria chartarum</i> , - <i>Aspergillus (A. flavus, A. niger)</i> , - <i>Mucor fragilis</i> , - <i>M. hiemalis</i> , - <i>Penicillium sbarvaldense</i> , - <i>P. crustosum</i> , - <i>Kloeckera sp.</i>	As normas europeias EN 13098: 2000, EN 14031: 2003, EN 14042: 2003, EN 14583: 2004, devem ser utilizadas nas instalações de compostagem como metodologias para identificar e quantificar os microrganismos. A diretiva 2000/54/CE, sobre a proteção dos trabalhadores contra risco biológicos, fornece uma lista com quase 400 agentes biológicos nocivos. Testar a presença de todos estes, no local de trabalho, é uma tarefa difícil e dispendiosa. A utilização de métodos de cultivo permite quantificar e identificar os microrganismos.
Autores	Beata Gutarowska, Justyna Skóra, Łukasz Stępień, Bogumiła Szponar, Anna Otlewska & Katarzyna Pielech-Przybylska				
Ano de Publicação	2015				
País	Polónia				

Identificação do Artigo	Objetivo	Materiais e Métodos	Resultados	Conclusões
		e massa. Os resultados foram expressos em nanomoles de LPS por miligrama de poeira. Para as amostras de superfície (máquinas e superfícies de produção) foi utilizado o método de placas RODAC Envirocheck (RODAC = Réplica Detecção e Contagem de Organismos).	Microorganismos detetados nas amostras de ar: - <i>Bacillus pumilus</i>, - <i>Geobacillus stearothermophilus</i>, - <i>Kytococcus sedentarius</i>, - <i>Micrococcus lylae</i> - <i>Staphylococcus epidermidis</i> Microorganismos detetados nas amostras de superfície: - <i>Bacillus pumilus</i>, - <i>Micrococcus lylae</i>, - <i>Staphylococcus epidermidis</i>, - <i>S. xylosus</i>, - <i>Mucor fragilis</i>, - <i>Mucor hiemalis</i>, - <i>Penicillium crustosum</i>, - <i>Rhizopus oryzae</i> Tamanho das partículas dos bioaerossóis - Bactérias A análise revelou que as partículas bacterianas 0,65-1,1µm existem numa percentagem de 28-38%. Partículas bacterianas de 1,2-21µm existem numa percentagem de 37-40%. As partículas com tamanhos entre 2,2 e 11µm existem numa percentagem de 2-15%. Os resultados mostraram que a limpeza diminuiu o número das menores partículas bacterianas (0,65-1,1 µm) em 11%. Tamanho das partículas dos bioaerossóis - Fungos As frações dominantes de partículas fúngicas presentes no ar das instalações de compostagem foram as frações de 1,1-2,1µm, representando 22-38%.	A avaliação quantitativa da endotoxina é uma tarefa difícil devido à presença de compostos perturbadores nestes ambientes. É preferível utilizar o método instrumental, como deteção de marcadores de endotoxinas a partir de amostras de poeira assentadas.

Identificação do Artigo		Objetivo	Materiais e Métodos	Resultados	Conclusões
				As frações dominantes de partículas fúngicas de 2,1-3,3µm, representam 15–42%. Partículas fúngicas grandes 7-11µm representaram 10-16% do aerossol fúngico. A limpeza das instalações de compostagem provoca uma diminuição nas frações de 2,1-3,3 µm e 3,3-4,7 µm. No entanto, também levou a um aumento nas concentrações de partículas pequenas	
Título	Biological Risk and Occupational Health	O objetivo deste estudo foi identificar os agentes biológicos existentes em várias atividades. Existem atividades em que o uso de agentes biológicos é intencional, permitindo que a exposição ocupacional possa ser facilmente controlada. Por outro lado, nos casos em que a exposição não é intencional é difícil proceder à avaliação de riscos.	O risco biológico nas atividades de gestão de resíduos é identificado através de amostragem de ar ambiente. Das diversas atividades existentes na gestão de resíduos o processo de compostagem é o que gera uma maior concentração de bioaerossóis. Na gestão de resíduos foram detetadas as seguintes concentrações: Compostagem: - Bactérias mesófilas: 104-106 UFC/m³ - Actinomicetes: 102-105 UFC/m³ Recolha de resíduos recicláveis: - esporos fúngicos: 104-105 UFC/m³ Recolha de resíduos indiferenciados: - endotoxinas de 12 até 59 UE/m³. Em trabalhadores de resíduos indiferenciados foi identificado anticorpos anti-HBc e anti Toxoplasma gondii.	Faltam dados sobre doenças relacionadas com o trabalho devido à exposição a agentes biológicos. Não existe valores limites de exposição para o risco biológico. Não se consegue estabelecer a relação “dose-efeito” para a maioria dos agentes biológicos. É difícil proceder à avaliação de risco.	O risco biológico é considerado um risco emergente. A elevada capacidade de reprodução dos agentes biológicos é o fator que os distingue dos restantes agentes perigosos. Doenças muito diferentes podem ser causadas pela exposição a agentes biológicos e a susceptibilidade individual dos trabalhadores pode condicionar a avaliação de risco. A inexistência de valores limite de exposição para os agentes biológicos impede que sejam efetuadas estimativas adequadas ao próprio risco e a identificação de efeitos na saúde. Assim, é necessário melhorar a percepção dos riscos biológicos junto dos trabalhadores e o médico do trabalho deve reconhecer a origem das doenças infecciosas, sensibilizando os trabalhadores para a adopção de comportamentos seguros.

Identificação do Artigo		Objetivo	Materiais e Métodos	Resultados	Conclusões
Título	Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review	O objetivo deste estudo foi consolidar o conhecimento existente sobre a relação da utilização do composto (produto final do processo TBM), com o meio ambiente e o impacto na saúde.	A pesquisa bibliográfica utilizou artigos da Europa, EUA e Japão.	A contaminação do composto é resultado da caracterização/ constituição dos resíduos urbanos, que são a matéria prima utilizada para o processo de compostagem.	O risco associado à utilização de composto nos terrenos agrícolas, com consequências na cadeia alimentar, é muito baixo e sem significado.
Autores	Isabelle Dkportes, Jean-Louis Benoit-Guyed, Denis Zmiroub		Para a seleção dos artigos foi tida em consideração o composto produzido a partir de resíduos urbanos.	Existem microrganismos presentes nos resíduos urbanos e que desaparecem com o processo de compostagem. Mas também existem microrganismos que surgem com degradação do material orgânico, nomeadamente fungos e bactérias mesofílicas e termofílicas.	A exposição a microrganismos inerentes à atividade de compostagem é difícil de controlar.
Ano de Publicação	1995		Face à semelhança de problemas identificados, a revisão bibliográfica inclui artigos de compostos produzidos a partir de ETAR e resíduos verdes.	No início da compostagem surgem essencialmente bactérias que são posteriormente substituídas por fungos.	Alguns fungos e bactérias são patogênicas de forma direta ou podem agir através das suas toxinas.
País	França	Os perigos dos agentes biológicos e químicos presentes no composto dependem do método utilizado para a compostagem. Existem 3 métodos principais de compostagem: - Windrow composting - Aerated static pile - Vessel composting		O perigo ocorre essencialmente através inalação com consequências no sistema respiratório. - <i>Aspergillus Fumigatus</i> apresenta concentrações elevadas na atividade de compostagem, constituindo risco para a saúde dos trabalhadores imunodeprimidos. - Bactérias gram negativas são patogênicas devido à endotoxina que liberta, provocando sintomas como a dor de cabeça, diarreia e irritações oculares. - Actinomyces causam inflamação do pulmão “farmers lungs”.	O manuseamento de composto promove a dispersão aérea dos microrganismos. Não existe risco para o ambiente nem para a população, provocado pela utilização de composto. Os riscos para a saúde provocados pela compostagem são ocupacionais.
Título	Airborne bioaerosols and their impact on human health	Este artigo fornece uma visão geral sobre as consequências para a saúde da exposição a bioaerossóis. Embora a importância dos bioaerossóis e o seu impacto na saúde humana seja reconhecida, ainda é difícil de associar a sua exposição com o aparecimento ou	<u>Equipamentos de Amostragem:</u> Existem diferentes equipamentos para a avaliação de bioaerossóis: <i>impingers, cyclones, impactors, filters, spore traps, electrostatic precipitation, thermal precipitators, condensation traps, gravitational samplers</i> . Independentemente do método é necessário utilizar um meio de cultura. <u>Constituição dos bioaerossóis:</u>	Devido à enorme variabilidade quer da constituição dos bioaerossóis, quer dos seus potenciais efeitos na saúde não existem valores limite de exposição para realizar avaliação de riscos. A <i>Environment Protection Agency</i> (EPA) do EUA e a <i>World Health Organization</i> (WHO) não definiram orientações específicas para os níveis de concentração de bioaerossóis.	A falta de normas padronizadas para proceder aos meios de colheita e análise, assim como a indefinição de valores limite de exposição, podem originar interpretações inadequadas de resultados com consequente falha na avaliação de riscos.
Autores	Ki-Hyun Kim, Ehsanul Kabir, Shamin Ara Jahan				
Ano de Publicação	2017				
País	Republic of Korea Bangladesh				

Identificação do Artigo		Objetivo	Materiais e Métodos	Resultados	Conclusões
		agravamento de sintomas e doenças.	Os bioaerossóis contêm microrganismos como fungos, bactérias, endotoxinas e alergénicos. Está comprovada a relação entre a humidade e o crescimento de fungos e bactérias. Na Coreia do Sul, durante o inverno, os bioaerossóis fúngicos estavam entre 24 e 654 (média 177) UFC/m3. No verão, os valores variam de 60 para 930 (média 357) UFC/m3. As endotoxinas são libertadas pelas bactérias gram negativas. Estas podem ser facilmente inaláveis porque aderem ao pó. <u>Potenciais efeitos na saúde:</u> Doenças infecciosas, efeitos agudos e crónicos, alergias e cancro. A degradação da função pulmonar é dos efeitos na saúde mais identificados à exposição a bioaerossóis.	A <i>Occupational Safety and Health Administration</i> (OSHA) do EUA, definiu o valor limite de 15 mg/m3 para poeira total e de 5 mg/m3 para poeira respirável. O <i>Health and Welfare Canada</i> definiu os seguintes valores limites: - 50 UFC/m3 para determinados tipos de fungos. - 100 UFC/m3 é um parâmetro inaceitável para alguns fungos patogénicos. - 150 UFC/m3 é um parâmetro normal para espécies mistas. - até 500 UFC/m3 é um parâmetro aceitável se tiverem <i>Cladosporium</i> . Na Coreia, a concentração máxima admissível para bioaerossol bacteriano total é de 800 UFC/m3. Na Europa, os valores limites para a qualidade do ar interior são de: - 5×10^3 UFC/m3 para bactérias e fungos. - 5 ng/m3 para toxinas.	
Título	Mechanical–biological waste treatment and the associated occupational hygiene in Finland	Este artigo divulga os resultados de um estudo decorrido entre 1998 e 2000 na primeira unidade de tratamento mecânico-biológico da Finlândia. Foram analisadas concentrações de poeiras, microrganismos e endotoxinas, nas 3 áreas mais susceptíveis de causar dano:	<u>Medição de Bactérias e Fungos</u> - As concentrações de bactérias mesofílicas e termofílicas, fungos e actinomicetes, viáveis e não viáveis, foram determinadas com: <i>Six-stage impactor</i> e <i>Camnea filter collection method</i> - Foram utilizados para fungos: Malt Extract Agar and DRCB Agar (Difco) - Foram utilizados para bactérias e actinomicetes Plate Count Agar (PCA) (Difco). <u>Medição de poeiras, endotoxinas, temperatura e humidade</u> - As amostras de pó foram recolhidas por bomba nos filtros de acetato de celulose millipore e as endotoxinas nos filtros de fibra de vidro.	<u>Concentração de microrganismos</u> - Ambos os métodos mostraram elevadas concentrações de fungos e bactérias mesofílicos no ar durante a etapa 1) <i>pre-treatment and crushing of biowaste</i> . - A concentração média de fungos mesofílicos foi de 96.620 UFC/m3; a concentração média de bactérias, mesofílicas e termofílicas, foi de 55.290 e 12.450 UFC /m3, respectivamente. Na área do digestor a quantidade média de fungos mesofílicos foi de 440 UFC/m3, e as concentrações médias de bactérias mesofílicas e termofílicas foram de 2620 e 80 UFC/m3. - Os fungos mais comuns durante a etapa 1) <i>pre-treatment and crushing of biowaste</i> foram <i>Penicillium</i> e <i>Aspergillus fumigatus</i> .	Exposição a microrganismos e poeiras são um problema nas estações de tratamento de resíduos urbanos. Como as concentrações de microrganismos e endotoxinas foram elevadas e os trabalhadores apresentavam sintomas típicos para exposição a bioaerossóis, o uso de máscara respiratória (classe P3) é aconselhável.

Identificação do Artigo		Objetivo	Materiais e Métodos	Resultados	Conclusões
		armazém de maturação/secagem.	- As concentrações de endotoxina foram determinadas no Instituto Regional de Saúde Ocupacional de Kuopio pelo método cinético Bio Whittaker-QCL, que se baseia na utilização da enzima <i>limulus ameocyte lysate</i>. - A temperatura e humidade relativa do ar foram medidas com um APC Plus particle collector.	- Na sala do digestor o fungo predominante foi o <i>Penicillium</i>. - Os fungos mais comuns na etapa 3) <i>the drying hall for the hydrolysis residue</i> foram leveduras/ bolores (yeasts). - O número de microrganismos menores de 5 µm foi de 57.5% <u>Poeiras e Endotoxinas</u> 1) <i>Bioreactor hall</i> - As concentrações de endotoxinas foram significativamente mais elevadas na área do digestor durante os trabalhos de manutenção do que noutros locais de medição, em média (aritmética) 10.650 UE /m3. 2) <i>Pre-treatment and crushing of biowaste</i> - A concentração média de endotoxinas durante o tratamento mecânico, pré tratamento de resíduos, foi de 210,5 UE/m3. 3) <i>Drying hall for the hydrolysis residue</i> - A concentração média de endotoxinas foi mais baixa na sala de secagem, apenas 16,2 UE/m3.	
Título	Critical evaluation of municipal solid waste composting and potential compost markets	Sendo que o TMB está a tornar-se cada vez mais popular na gestão dos resíduos urbanos, o objetivo deste estudo foi efetuar uma pesquisa bibliográfica sobre as potenciais utilizações do composto (produto final do TMB) em setores/ áreas de negócio alternativas.	Prevê-se que o papel dos TMB na gestão de resíduos aumente no futuro próximo. O objetivo principal das unidades TBM é recuperar uma grande percentagem de recicláveis dos fluxos de resíduos urbanos, e na etapa biológica é produzir um material com baixo impacto ambiental adequado à eliminação ou aplicação nas terras.	Embora a redução em massa durante a compostagem possa ser entre 20% e 40%, o aumento esperado do volume de compostos de resíduos urbanos representa um problema para a eliminação. A colocação em aterros ou utilização como cobertura de aterro não é considerada sustentável, ambientalmente desejável ou politicamente aceitável.	Mesmo aplicando as técnicas de remoção dos contaminantes biológicos e estabilização de matéria orgânica do composto, existe sempre probabilidade de este conter metais pesados, poluentes orgânicos, micropartículas de vidro e plástico.
Autores	M. Farrell, D.L. Jones				
Ano de Publicação	2009				
País	UK			Utilização alternativa do composto: - Reflorestação de solo das zonas industriais, minas e pedreiras. - Limpeza de terrenos contaminados com metais pesados.	

Identificação do Artigo		Objetivo	Materiais e Métodos	Resultados	Conclusões
				- Recuperação de solos organicamente contaminados. Os compostos têm o potencial de imobilizar quimicamente os poluentes orgânicos persistentes.	
Título	Bioaerosol emissions arising during application of municipal solid-waste compost	O objetivo deste estudo foi avaliar as concentrações de bactérias e fungos libertados na utilização do composto. Embora a aplicação de composto de resíduos urbanos tenha os seus benefícios, existem preocupações quanto a uma série de efeitos adversos à saúde pública.	Este estudo avaliou as emissões de bioaerossol durante a aplicação do composto. Foram selecionados 20 locais de amostragem e foram recolhidas 5 amostra por local. Identificação dos locais: - Uma amostra antes da aplicação do composto no solo; - Uma amostra durante a aplicação do composto; - Uma amostra a 10 m, a favor vento, do ponto de aplicação; - Uma amostra a 20 m, a favor vento, do ponto de aplicação; - Uma amostra a 10 m, contra o vento, do ponto de aplicação. Avaliação: - Utilização do equipamento biosampler Andersen, de 6 níveis, para recolher fungos e bactérias viáveis. Meios de cultura - Os meios de cultura utilizados foram o trypticase soy agar (TSA) para bactérias e malt extract agar (MEA) para fungos.	Bactérias: - As bactérias gram-positivas estavam presentes em 95% das amostras. - A análise estatística revelou uma diminuição significativa das concentrações bacterianas com o aumento da humidade. - A presença relativamente menor de bactérias gram-negativas transmitidas pelo ar pode ser devido curtos períodos de sobrevivência destas no estado aerotransportado. Fungos: - Os fungos mais comuns foram: - <i>Dematiaceous fungi</i> na sua maioria: <i>Alternaria spp.</i> , <i>Cladosporium spp.</i> , <i>Ulucladium spp.</i> (presentes a 95%) - <i>Penicillium spp.</i> , (presentes a 75%) - <i>yeasts</i> (leveduras) (presentes a 65%) - <i>Aspergillus spp</i> (presentes a 35%)	A aplicação do composto de resíduos urbanos nos jardins e terrenos públicos pode representar um perigo de exposição a bactérias transmitidas pelo ar.
Autores	Mahnaz Nikaeen; Maryam Hatamzadeh; Akbar Hasanzadeh; Ebrahim Sahami; Iraj Joodan				
Ano de Publicação	2008				
País	Irão				

Tabela 23 - Informação da revisão bibliográfica para análise de risco

	Objetivo	População alvo do estudo/ atividade	Identificação Agentes biológicos	Bioaerossóis	Vias de transmissão	Portas de entrada	Medição Ambiental de Agentes biológicos	Consequências associadas à exposição	Doenças Profissionais	Metod. Avaliação Riscos	Conclusões
Título do artigo: Volatile organic compounds and bioaerosols in the vicinity of a municipal waste organic fraction treatment plant. Human health risks Autores Lolita Vilavert & Martí Nadal & María J. Figueras & José L. Domingo Ano: 2011 País: Espanha (Ecopark 2 Montcada-i Reixac)	O objetivo deste estudo foi analisar as concentrações de ar poluentes químicos e microbiológicos nas proximidades da unidade de TMB do Ecopark 2.	População residente na envolvente do TMB	Sim Bactérias Fungos	Sim Gerada durante o tratamento e composição de resíduos	Via aérea	Inalação	Sim Análise de amostras de ar (dispositivo Sampl'Air Lite)	Doenças infecciosas Alergias Efeitos tóxicos	Não	Não	A falta de valores limites de concentração de poluentes microbiológicos não permite concluir se a instalação pode vir a ter um impacto na saúde da população local.
Título do artigo: Formaldehyde: A chemical of concern in the vicinity of MBT Autores Lolita Vilavert, María J. Figueras, Marta Schuhmacher, Martí Nadal, José L. Domingo Ano: 2014 País: Espanha (Ecopark 2 Montcada-i Reixac)	O objetivo deste estudo foi fazer um acompanhamento do estudo de 2010, publicado em 2011.	População residente na envolvente do TMB	Sim Bactérias Fungos	Sim Liberta da durante a triagem, tratamento e composição	Via aérea	Inalação	Sim Análise de amostras de ar (dispositivo Sampl'Air Lite)	Bronquite crónica Reações irritantes (dermatite de contacto, irritações trato respiratório superior e inferior, asma) Respostas alérgicas/ inunoalérgicas (rinite, asma alérgica, sinusite, pneumonite hipersensibilidade e síndrome tóxica de poeira orgânica) Infeções (aspergiloses)	Não	Não	Foram encontradas tendências sazonais de concentrações de bactérias e fungos nas 2 estações do ano
Título do artigo: Health risks for the population living in the vicinity of an Integrated Waste Management Facility: Screening environmental pollutants Autores: José L. Domingo, Joaquim Rovira, Lolita Vilavert, Martí Nadal, María J. Figueras, Marta Schuhmacher Ano: 2015 País: Espanha	O objetivo deste estudo foi analisar as concentrações de poluentes químicos e microbiológicos nas proximidades do TMB.	População residente na envolvente do TMB	Sim Bactérias Fungos	Sim	Via aérea	Inalação	Sim Análise de amostra de ar	Não	Não	Não	Necessidade de monitorização biológica para conseguir avaliar impactos na saúde humanos associada à exposição

	Objetivo	População alvo do estudo/ atividade	Identificação Agentes biológicos	Bioaerossóis	Vias de transmissão	Portas de entrada	Medição Ambiental de Agentes biológicos	Consequências associadas à exposição	Doenças Profissionais	Metod. Avaliação Riscos	Conclusões
(Ecopark 3 Sant adrià de Besòs, Barcelona)											
Título do artigo: Managing the potential public health risks from bioaerosol liberation at commercial composting sites in the UK: An analysis of the evidence base Autores: Peter Sykes, Ken Jones, John. D. Wildsmith Ano: 2007 Pais: Inglaterra	Este artigo identifica as limitações para a avaliação de riscos potenciais à saúde pública provocados pela exposição a bioaerossóis provenientes das novas tecnologias de tratamento de resíduos (TMB, digestão anaeróbia e compostagem).	População residente na envolvente do TMB Trabalhadores	Sim Bactérias Fungos Actinomyces Endotoxinas 1-3 glucans	Sim	Via aérea	Inalação	Sim Metodologia à base de cultura (análise da amostra de ar) Metodologia que envolve a contagem de células através de microscópio	Aspergillus Fumigatus é um fungo alérgico e pode causar aspergilose em indivíduos imunodeprimidos Fungo 1-3glucan está associado à diminuição função pulmonar A endotoxina está associada a doenças agudas com sintomas semelhantes à da gripe. O síndrome tóxico de poeira orgânica está associado à bronquite crónica e à diminuição da função pulmonar. A bactéria Actinomyces está associado à doença “pulmão do agricultor”	Não	Sim QRA – quantitativo risk assessment: 1. Identificar risco 2. Medir exposição 3. Estabelecer o efeito adversos dessa exposição	O uso da metodologia QRA é limitada devido às incertezas existentes (não existe VLE, não existe relações dose efeito, a concentração bioaerosol varia muito)
Título do artigo: The assessment of airborne bacterial contamination in three composting plants revealed site-related biological hazard and seasonal variations Autores: Fracchia, L., Pietronave, S., Rinaldi, M. Martinotti, M.G Ano: 2006 Pais: Itália	Avaliar a contaminação bacteriana em 3 unidades de compostagem	Trabalhadores	Sim Bactérias Mesofílicas e termofílicas Actinomyces Streptomyces	Sim	Via aérea	Inalação	Sim Análise amostrar ar (dispositivo Surface Air system-Super180)	Doenças infecciosas Efeitos tóxicos agudos Alergias Inflamação nas vias aéreas superiores Cancro	Não	Não	Elevados níveis de contaminação bacteriana, e a deteção de microrganismos patogénicos, constituem risco para a saúde dos trabalhadores

	Objetivo	População alvo do estudo/ atividade	Identificação Agentes biológicos	Bioaerossóis	Vias de transmissão	Portas de entrada	Medição Ambiental de Agentes biológicos	Consequências associadas à exposição	Doenças Profissionais	Metod. Avaliação Riscos	Conclusões
Título do artigo: Bioaerosols and health: current knowledge and gaps in the field of waste management Autores: Olivier Schlosser Ano: 2019 País: França	Pesquisa bibliográfica sobre as consequências na saúde associadas à exposição a bioaerossóis na atividade de gestão de resíduos	Trabalhadores	Sim Bactérias Fungos Endotoxinas	Sim	Via aérea	Inalação	Sim Identificação perigo – análise amostras ar EN 13098, EN 14031 e EN 14584	Efeitos infecciosos Efeitos não infecciosos	Não	Não Falta relação dose-efeito, valores de referência para exposição e método acreditados avaliação da exposição	As concentrações de fungos, bactérias e endotoxinas são muito elevadas. Exposições elevadas a bioaerossóis têm impacto na saúde dos trabalhadores.
Título do artigo: Green Jobs Definition and Method of Appraisal of Chemical and Biological Risks Autores: Erwan Cheneval, Marc-Antoine Busque, Claude Ostiguy, Jacques Lavoie, Robert Bourbonnais, France Labrèche, Bouchra Bakhiyi and Joseph Zayed Ano: 2015 País: Canadá	Definir uma metodologia para avaliação de risco para agentes biológicos e químicos para os “empregos verdes”	Trabalhadores	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim Considera a classificação do agente biológico, a taxa de geração de bioaerossóis e níveis de controlo existentes.	Metodologia simples de aplicar e que permite priorizar o risco biológico
Título do artigo: Airborne mycotoxins in waste recycling and recovery facilities: Occupational exposure and health risk assessment Autores: Olivier Schlosser, Samuel Robert, Naïke Noyon Ano: 2020 País: França	Avaliar a exposição aérea à Aflatoxina B1, Echratoxina A, Gliotoxina e Sterigmatocistina nas instalações de gestão de resíduos	Trabalhadores	Sim Fungos: Aflatoxina B1, Echratoxina A, Gliotoxina, Sterigmatocistina	Sim	Via aérea	Inalação	Sim Análise da poeira (dispositivo Sampler CIP 10)	Efeitos cancerígenos, imunosupressores e tóxico	Não	Sim Consistiu em comparar a dose de micotoxina inalada por dia com a dose de ingestão diária tolerável (TDI)	Os trabalhadores do TMB podem estar expostos à Aflatoxina B1 e Sterigmatocistina, porém os resultados obtidos são tão baixos que não constituem perigo

	Objetivo	População alvo do estudo/ atividade	Identificação Agentes biológicos	Bioaerossóis	Vias de transmissão	Portas de entrada	Medição Ambiental de Agentes biológicos	Consequências associadas à exposição	Doenças Profissionais	Metod. Avaliação Riscos	Conclusões
Título do artigo: Is waste collection associated with hepatitis B infection? Autores: Annalaura Carducci, Gabriele Donzelli, Lorenzo Cioni, Marco Verani Ano: 2017 Pais: Brasil	Pesquisa bibliográfica sobre a infecção pelo vírus VHB em trabalhadores das instalações de getsão de resíduos	Trabalhadores	Sim Virus VHB	Não	Via percutânea	Corte, perfuração	Sim	Hepatite B	Não	Não	O manuseamento de resíduos aumenta o risco de infecção. A vacinação contra a hepatite B é a forma mais efetiva de prevenir a doença
Título do artigo: Quantitative Microbial Risk Assessment in Occupational Settings Applied to the Airborne Autores: Annalaura Carducci, Gabriele Donzelli, Lorenzo Cioni and Marco Verani Ano: 2016 Pais: Itália	Desenvolver um modelo de avaliação de risco associado à inalação de bioaerossóis contaminados com adenovírus humano HAdV – foi o agente patogénio de referência para o modelo de avaliação de riscos	Trabalhadores	Sim Adenovírus humano (HAdV)	Sim	Via aérea	Inalação	Sim Análise de amostra de ar (dispositivo Microflow Aquaria Srl) – bioaerossóis Análise viral – Mini Kit de DNA viral QIAamp	Causam inúmeras infecções sintomáticas e assintomáticas que afetam o trato respiratório, trato gastrointestinal e os olhos.	Não	Sim Avaliação da exposição depende de: inalação; exposição; concentração do vírus com base na capacidade de recuperação	Como não existem VLE para agentes biológicos a simples presença no ar obriga ao uso de EPI, independentemente do tempo de exposição. A metodologia proposta pode ser uma ferramenta útil, mas como é recente deve ser utilizada com cuidado.
Título do artigo: Assessment of microbial contamination within working environments of different types of composting plants Autores: Beata Gutarowska, Justyna Skóra, Łukasz Stępień, Bogumiła Szponar, Anna Otlewska & Katarzyna Pielech-Przybylska Ano: 2015 Pais: Polónia	Fornecer uma lista de microrganismos que podem representar ameaça nas instalações de compostagem, através da identificação do microrganismo, do tamanho das partículas de bioaerosol e concentração de endotoxinas	Trabalhadores	Sim Bacillus pumilus Bacillus cereus Aspergillus fumigatus Cladosporium cladosporioides Cladosporium herbarum Mucor fragilis	Sim	Via aérea	Inalação	Sim Análise amostra ar (dispositivo MAS-100 Merck) – identificação microrganismos Six-stage Andersen Sampler – tamanho das partículas de bioaerossóis	Doenças respiratórias, Alergias, Doenças crônicas do trato respiratório, irritação da membrana mucosa dos olhos e vias aéreas superiores Aspergillus Fumigatus: efeitos alérgicos e tóxicos Penicillium: causam alvolute alérgica, asma brônquica, rinite alérgica. Espécies Mucor e Rhizopus podem causar	Não	Não	A utilização de métodos de cultivo permite identificar e quantificar os microrganismos

	Objetivo	População alvo do estudo/ atividade	Identificação Agentes biológicos	Bioaerossóis	Vias de transmissão	Portas de entrada	Medição Ambiental de Agentes biológicos	Consequências associadas à exposição	Doenças Profissionais	Metod. Avaliação Riscos	Conclusões
			Mucor hiemalis Rhizopus oryzae Penicilium crustosum Penicilium svalbardense				Espectrometria de cromatografia gasosa e massa - endotoxina	zigomicose dos pulmões, sistema nervoso central, trato gastrointestinal e outros órgãos. Frações de partículas pequenas (0.65-1.1µm) penetram mais profundamente no aparelho respiratório, podendo atingir os alvéolos pulmonares.			
Título do artigo: Biological Risk and Occupational Health Autores: Carmela Romana Natalina CORRAO, Adele MAZZOTTA, Giuseppe LA TORRE e Maria DE GIUSTI Ano: 2012 País: Itália	Identificar agentes biológicos existentes em diferentes setores de atividade profissional	Trabalhadores de águas residuais e tratamento de resíduos	Sim Bactérias Actinomyces Fungos Endotoxinas	Sim	Via aérea	Inalação	Sim Amostragem de ar ambiental	Infeções Doença pulmonar obstrutiva crônica Efeitos tóxicos agudos Alergias	Não	Não	A avaliação de risco apresenta muitas dificuldades porque falta valores limite de exposição que permitam estimativas adequadas do próprio risco
Título do artigo: Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review Autores: Isabelle Dkportes, Jean-Louis Benoit-Guyed, Denis Zmiroub Ano: 1995 País: França	Pesquisa bibliográfica para consolidar o conhecimento sobre o risco de saúde provocado pela utilização do composto (produto final do processo do TMB)	População que utiliza composto	Sim Fungos Bactérias Actinomyces	Sim	Via aérea	Inalação	Não	Aspergillus Fumigatus: constitui um risco para trabalhadores imunodeprimidos Bactérias gram negativas: são patogênicas devido à endotoxinas que libertam provocando sintomas com odor de cabeça, diarreia, irritações oculares. Actinomyces: causam inflamação do pulmão "pulmão do agricultor"	Não	Não	Não existe risco para o ambiente nem para a população, provocado pela utilização de composto. Os riscos de saúde provocados pela compostagem são ocupacionais.

	Objetivo	População alvo do estudo/ atividade	Identificação Agentes biológicos	Bioaerossóis	Vias de transmissão	Portas de entrada	Medição Ambiental de Agentes biológicos	Consequências associadas à exposição	Doenças Profissionais	Metod. Avaliação Riscos	Conclusões
Título do artigo: Airborne bioaerosols and their impact on human health Autores: Ki-Hyun Kim, Ehsanul Kabir, Shamin Ara Jahan Ano: 2017 País: Coreia do Sul e Bangladesh	Fornece uma visão geral das consequências para a saúde da exposição a bioaerossóis	Não definido	Sim Fungos Bactérias Endotoxinas Micotoxinas	Sim	Via aérea	Inalação	Sim Apresenta diversos equipamentos para medição de bioaerossóis	Degradação da função pulmonar, doenças infecciosas, efeitos agudos e crônicos, alergias e cancro. As endotoxinas são consideradas como um dos principais fatores que contribui para as doenças pulmonares e para o síndrome tóxico de pó orgânico.	Não	Não	A inexistência de normas padronizadas para proceder a meios de amostragem e análise, assim como a definição de valores limite de exposição, dificultam uma correta avaliação de riscos.
Título do artigo: Mechanical-biological waste treatment and the associated occupational hygiene in Finland Autores: Outi K. Tolvanen, Kari I. Haaninen Ano: 2005 País: Finlândia	Divulga os resultados, de um estudo decorridos entre 1998 e 2000, para as concentrações de poeiras, microrganismos e endotoxinas, da primeira unidade TMB da Finlândia.	Trabalhadores TMB	Sim Bactérias Fungos	Sim	Via aérea	Inalação	Sim Análise amostra ar (dispositivo six-stage impactor) Poeira: bomba de filtro Millipore Endotoxina: método Bio Whittaker-QCL	Não	Não	Não	Como as concentrações de microrganismos e endotoxinas eram elevadas o uso de máscara respiratória (classe P3) é aconselhável
Título do artigo: Critical evaluation of municipal solid waste composting and potential compost markets Autores: M. Farrell, D.L. Jones Ano: 2009 País: Reino Unido	Pesquisa bibliográfica sobre as potenciais utilizações dos compost (produto final do TMB)	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Mesmo aplicando técnicas de remoção de contaminantes biológicos existe sempre a possibilidade de este conter metais pesados, micropartículas de vidro e plástico. Propõem alternativas para utilização do composto.

	Objetivo	População alvo do estudo/ atividade	Identificação Agentes biológicos	Bioaerossóis	Vias de transmissão	Portas de entrada	Medição Ambiental de Agentes biológicos	Consequências associadas à exposição	Doenças Profissionais	Metod. Avaliação Riscos	Conclusões
Título do artigo: Bioaerosol emissions arising during application of municipal solid-waste compost Autores: Mahnaz Nikaeen; Maryam Hatamzadeh; Akbar Hasanzadeh; Ebrahim Sahami; Iraj Joodan Ano: 2008 País: Irão	Avaliar as concentrações de fungos e bactérias libertadas na utilização de composto	População que utiliza composto	Sim Bactérias Fungos	Sim	Via aérea	Inalação	Sim Análise de amostra ar – (dispositivo six-stage impactor)	Doenças respiratórias: Rinite alérgica, asma, bronquite crónica, alvolite alérgica extrínseca e síndrome do pó orgânico	Não	Não	A aplicação de composto pode representar um perigo de exposição a bactérias transmitidas pelo ar.

ANEXOS

Anexo 1 – Metodologia de avaliação de riscos DGS

Anexo 2 – Metodologia de avaliação de risco IRSST

Anexo 3 – Metodologia de avaliação de risco NTP 833

Anexo 4 – Metodologia de avaliação de risco MIAR^{Biowaste}

Anexo 1 – Metodologia de avaliação de risco DGS

Para a estimativa do risco utiliza-se uma matriz simples que relaciona a probabilidade de ocorrência e a estimativa da gravidade do dano, que poderá ser infecção, alergia ou intoxicação.

Tabela 24 - Estimativa do risco biológico (DGS, 2013)

		Gravidade da Lesão			
		Ligeira	Pouco grave	Grave	Muito grave
Probabilidade de Ocorrência	Pouco provável	Ligeiro	Ligeiro	Pouco grave	Moderado
	Provável	Ligeiro	Moderado	Moderado	Bastante grave
	Bastante provável	Pouco grave	Moderado	Bastante grave	Muito grave
	Muito provável	Moderado	Bastante grave	Muito grave	Muito grave

Em função do resultado obtido é necessária a adopção de medidas de controlo de risco, que nos casos de “moderado” e “bastante grave” obriga à adopção de planos de intervenção e no caso mais extremo, obriga à suspensão da atividade até que sejam implementadas medidas de controlo (DGS, 2013).

Tabela 25 - Prioridades na gestão do risco (DGS, 2013)

Risco	Ação/ Intervenção
Ligeiro	Não requer ação específica, deve manter a monitorização habitual.
Pouco grave	Não requer preocupações especiais na intervenção preventive, no entanto, logo que possível devem ser implementadas medidas corretivas e economicamente aceitáveis. Recomenda-se verificação periódica das medidas de controlo preventivas.
Moderado	Requer um programa de redução de risco com um calendário das medidas a serem implementadas. Justifica-se a obrigatoriedade do controlo efetivo das medidas corretivas.
Bastante grave	Requer intervenção imediata com um programa de intervenção abrangente e sustentável, com recurso amplo dos meios de intervenção técnicos, administrativos e outros.
Muito grave	O trabalho deve ser proibido. Justifica-se o encerramento do setor ou local de trabalho até obter-se a eliminação ou o controlo da situação de risco.

Anexo 2 – Metodologia de avaliação de risco IRSST

Para a estimativa do risco utiliza-se uma matriz simples, que cruza na verticalmente pelos 4 grupos de risco dos agentes biológicos e na banda horizontal por 5 níveis de exposição. Sendo que o nível de exposição corresponde ao somatório do nível de controlo de bioaerossóis no local com a taxa de geração de bioaerossóis.

Tabela 26 - Estimativa do Risco Biológico (Lavoie et al., 2013) (Cheneval et al., 2015)

		Nível Exposição (E) = Nível de Controlo (C) + Taxa de geração (G)				
		1 (0 – 2.0)	2 (2.5 – 5.0)	3 (5.5 – 7.0)	4 (7.5 – 9.0)	5 (9.5 – 10.0)
Classificação internacional dos Agentes Biológicos	Grupo 1	Baixo (I)	Baixo (I)	Médio (II)	Médio (II)	Médio (II)
	Grupo 2	Baixo (I)	Baixo (I)	Médio (II)	Alto (III)	Alto (III)
	Grupo 3	Baixo (I)	Baixo (I)	Médio (II)	Alto (III)	Muito Alto (IV)
	Grupo 4	Muito Alto (IV)	Muito Alto (IV)	Muito Alto (IV)	Muito Alto (IV)	Muito Alto (IV)

Tabela 27 - Control level bands do método IRSST (Lavoie et al., 2013) (Cheneval et al., 2015)

Pontuação	Nível de controlo (“control levels”) (C)
2.0	ACH* ≤ 2; nenhuma ou baixa ventilação, confinamento ou outras situações semelhantes; exposição contínua aos bioaerossóis
1.5	2 < ACH ≤ 6; ventilação geral ou janelas abertas ou outras situações semelhantes; exposição a bioaerossóis 75% do tempo
1.0	6 < ACH ≤ 12; quarto a pressão negativa; ventilação laboratorial; câmara de isolamento; ventilação de deslocamento ou outras situações semelhantes; exposição a bioaerossóis 50% do tempo
0.5	ACH > 12; operações mecanizadas; operações num capuz de laboratório; alguns departamentos hospitalares (broncoscopia, sala de cirurgia; etc.); trabalho ao ar livre ou outras situações semelhantes; exposição a bioaerossóis 25% do tempo
0.0	Operações num exaustor de fluxo laminar; fontes de circuito fechado ou outras situações semelhantes; nenhuma exposição anormal aos bioaerossóis

* ACH = Air changes per hour (Renovação de ar por hora)

Tabela 28 - Generation rate bands do método IRSST (Lavoie et al., 2013) (Cheneval et al., 2015)

Pontuação	Probabilidade de inalação	Taxa de geração (“generation rates”) (G)
		Exemplos
8.0	Muito alta	Aerossolização descontrolada do contaminante biológico; proximidade às fontes de emissão; trabalhar nas plumas de emissão; procedimentos médicos que produzem aerossóis ou outras situações semelhantes
6.0	Alta	Alta aerossolização; Trabalhos de descontaminação; cuidados dados a um paciente infeccioso tosse ou espirros com a boca descoberta ou outras situações semelhantes

Pontuação	Taxa de geração (“generation rates”) (G)	
	Probabilidade de inalação	Exemplos
4.0	Moderada	Aerossolização moderada; Contacto com o contaminante biológico; grande distância da fonte; tosse infecciosa do paciente ou espirros com a boca coberta ou outras situações semelhantes
2.0	Baixa	Baixa aerossolização; pessoal afetado a outras tarefas de cuidados
0.0	Nenhuma	Sem aerossolização; Sem exposição

Tabela 29 – Nível de Exposição do Método IRSST (Lavoie et al., 2013)

Nível de exposição (soma do nível de controlo e das pontuações das taxas de geração)					
Banda	1	2	3	4	5
Nível	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Pontuação	0.0 – 2.0	2.5 – 5.0	5.5 – 7.0	7.5 – 9.0	9.5 – 10.0

O método permite ainda determinar qual é o APF adequado para a estimativa de nível de risco obtido.

Tabela 30 - Selecionar o adequado de acordo com OHSA 3352-02 (OSHA, 2009)

		Exposição (E) = Nível de Controlo (C) + Taxa de geração (G)				
		1	2	3	4	5
		Muito Baixo (0 – 2.0)	Baixo (2.5 – 5.0)	Médio (5.5 – 7.0)	Alto (7.5 – 9.0)	Muito Alto (9.5 – 10.0)
Classificação internacional dos Agentes Biológicos	Grupo 1	Nenhum	APF 10	APF 10	APF 10	APF 25
	Grupo 2	Nenhum	APF 10	APF 10	APF 25	APF 50
	Grupo 3	Nenhum	APF 10	APF 25	APF 50 ³⁰	APF 100
	Grupo 4	APF 1000	APF 1000	APF 1000	APF 1000	APF 1000

A seleção dos EPI em conformidade com a classificação APF foi validada por peritos de diferentes áreas, nomeadamente medicina do trabalho, microbiologia, higiene ocupacional, especialistas em aerossóis e EPI (Lavoie et al., 2013).

³⁰ O APF 50 identificado pelo “National Institute for Occupational Safety and Health” (NIOSH) equivale APF 100 utilizado no “Guide des appareils de protection respiratoire” no Québec (Lavoie et al., 2013)

Anexo 3 – Metodologia de avaliação de risco NTP 833

Para a estimativa de risco utiliza-se uma matriz de dupla entrada que cruza, na banda vertical, com o nível de exposição e, na banda horizontal, com o nível de consequência.

O nível de consequência está dividido para agentes biológicos infecciosos e não infecciosos, ou seja, alergénicos, tóxicos e/ou cancerígenos. Se o micorganismo for classificado de acordo com o seu nível de risco infeccioso utiliza-se a tabela 21 para estimar o nível de risco, caso contrário, utiliza-se a tabela 22, onde os agentes biológicos não infecciosos são classificados de acordo com “categorias”.

Tabela 31 - Níveis de exposição, de acordo com método NTP 833

Geração de Bioaerossóis		Frequência de Contacto	Quantidade manuseada
Baixa	Escassa	< 20% dia de trabalho	Pequena
	Moderada mas esporádica		
Média	Moderada mas descontínua	< 75% dia de trabalho	Média
	Elevada mas esporádica		
Alta	Moderada mas contínua	> 75% dia de trabalho	Grande
	Elevada		

Tabela 32 - Níveis de risco potencial para agentes biológicos infecciosos, de acordo NTP 833

		Níveis de Consequência – Agentes Biológicos infecciosos			
		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Nível de exposição	Baixa	1	2	3	4
	Média	1	3	3	4
	Alta	1*	3	4	4

Tabela 33 - Níveis de risco potencial para agentes biológicos não infecciosos, de acordo NTP 833

		Níveis de Consequência – Agentes Biológicos não infecciosos			
		Categoria I	Categoria II	Categoria III	Categoria IV
Nível de exposição	Baixa	1	1	2	4
	Média	1	2	3	4
	Alta	2	3	4	4

O significado dos níveis de consequência para os agentes biológicos não infecciosos é esclarecido na seguinte descrição:

- Categoria I – inclui todas as substâncias de origem biológica cujos efeitos possam ser considerados nocivos ou irritantes, por exemplo certos compostos orgânicos voláteis produzidos por fungos, pó orgânico ou substâncias de origem vegetal ou animal causadoras de dermatite irritante.
- Categoria II – inclui agentes com efeitos considerados tóxicos e/ou sensibilizantes dérmicos, por exemplo endotoxinas bacterianas.

- Categoria III – inclui agentes com efeitos altamente tóxicos e/ou sensibilizantes por inalação, por exemplo a maioria das micotoxinas.
- Categoria IV – inclui os agentes cancerígenos, por exemplo a aflatoxina B1, a ocretoxina, as fumonisinas, etc (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2009).

O nível de risco classificado como 1 significa que é negligenciável, não sendo necessário medidas de ação. Na situação de 1*, embora não existe risco de infeção é necessário a adoção de medidas preventivas. Nos níveis subsequentes é sempre necessário a adopção de medidas preventivas, que no caso do nível 4, devem ser implementadas imediatamente ou, caso não seja possível, suspender a atividade (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2009).

Tabela 34 - Medidas Preventivas, de acordo com a NTP 833
(Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2009)

Nível de Risco Potencial	Medidas Preventivas de acordo com a NTP 833
1	Se for caso disso, agir sobre as causas que conduzem a uma exposição elevada, quer minimizando a formação de aerossóis (modificando o processo ou apresentação de materiais, tendo sistemas de extração localizados, etc.) quer reduzindo a frequência de contacto. Agir sobre o trabalhador: ▪ Estabelecer protocolos de monitorização da saúde. Vacinação, quando disponível. ▪ Adaptar equipamento de proteção individual (EPI). Acompanhar o uso, manutenção e armazenamento de EPI. ▪ Possuir serviços de saúde e instalações sanitárias.
2	Agir sobre o agente biológico: ▪ Controlar os parâmetros que definem os requisitos do agente biológico. ▪ Avaliar a possibilidade de substituir o agente biológico, se a atividade implicar a intenção deliberada de trabalhar com ele. Agir sobre o trabalhador: ▪ Estabelecer protocolos de monitorização da saúde. Vacinação, quando disponível. ▪ Adaptar equipamento de proteção individual (EPI). Acompanhar o uso, manutenção e armazenamento de EPI. Quando a exposição o justifica: ▪ Modificar o processo para minimizar a formação de bioaerossóis. ▪ Modificar a apresentação de materiais para minimizar a formação de bioaerossóis. ▪ Sistemas de extração localizados. Adaptar o sistema de ventilação geral para garantir o bom funcionamento dos sistemas de extração localizados. ▪ Implementar ou melhorar os procedimentos de limpeza das instalações, especialmente quando o contaminante seja matérias em partículas. Outras: ▪ Estabelecer o nível de contenção e as medidas de contenção necessárias quando a atividade assim o exigir.

Nível de Risco Potencial	Medidas Preventivas de acordo com a NTP 833
3	Agir sobre o agente biológico: ▪ Controlar os parâmetros que definem os requisitos do agente biológico. ▪ Avaliar a possibilidade de substituir o agente biológico, se a atividade implicar a intenção deliberada de trabalhar com ele. Agir sobre as causas da exposição quando considerado necessário: ▪ Modificar o processo para minimizar a formação de bioaerossóis. ▪ Modificar a apresentação de materiais para minimizar a formação de bioaerossóis. ▪ Isolar o processo. Uso de cabines de segurança biológicas. ▪ Disponibilizar e utilizar equipamentos, instrumentos e/ou materiais de biossegurança. ▪ Disponibilizar sistemas de extração localizados. Adaptar o sistema de ventilação geral para garantir o bom funcionamento dos sistemas de extração localizados. ▪ Dispor de sistemas de ventilação geral independentes do resto das instalações. ▪ Estabelecer programas de manutenção preventiva para todas as instalações. ▪ Implementar ou melhorar os procedimentos de limpeza das instalações, especialmente quando o contaminante seja matéria em partículas. ▪ Estabelecer programas de desinfecção e controlo de pragas. Agir sobre o trabalhador: ▪ Estabelecer protocolos de monitorização da saúde. Vacinação, quando disponível. ▪ Adaptar equipamento de proteção individual (EPI). Acompanhar o uso, manutenção e armazenamento de EPI. ▪ Reduzir a exposição limitando o número de trabalhadores ou o tempo de exposição, ou isolando o trabalhador. ▪ Estabelecer tempos para a higiene pessoal dos trabalhadores que executem atividades em risco de exposição agentes biológicos, antes dos períodos da alimentação e no horário de saída. Outros: ▪ Estabelecer o nível de contenção e as medidas de contenção necessárias quando a atividade assim o exigir. ▪ Implementar programas de recolha, armazenamento, tratamento e eliminação seletiva de resíduos contaminados resíduos ou suspeitos.
4	Aplicação das medidas descritas no nível anterior, mas intensificando a sua implementação e o controlo do seu cumprimento.

Anexo 4– Metodologia de avaliação de risco MIAR^{Biowaste}

Segundo a abordagem da metodologia de avaliação integrada de riscos ambientais e ocupacionais desenvolvida por (Antunes et al., 2010), a estimativa de risco obtém-se pela multiplicação da pontuação do parâmetro gravidade, extensão do impacto, exposição/ frequência, desempenho dos sistemas de prevenção e controlo e, os custos e complexidade das medidas de prevenção e controlo.

A autora seguiu os princípios da metodologia MIAR mas reajustou a descrição dos parâmetros de avaliação e o valor atribuído às valorizações. Também optou por calcular a estimativa do nível de risco apenas com os parâmetros de “gravidade”, “extensão do impacto”, “exposição/ frequência” e “desempenho dos sistemas de prevenção e controlo”. Para proceder à gestão e controlo do risco ocupacional a autora optou por utilizar a multiplicação do parâmetro “custos e complexidade das medidas de prevenção e controlo” ao nível de risco obtido.

$$\text{Nível de Risco} = \text{Gravidade} \times \text{Extensão do Impacte} \times \text{Exposição Frequência} \times \text{Prevenção e Controlo}$$

$$\text{Gestão do risco ocupacional} = \text{Nível de Risco} \times \text{Custos e complexidade das medidas de prevenção e controlo}$$

Tabela 35 - Nível de gravidade (G) de acordo com o método MIAR^(biowaste)

Parâmetros de Avaliação	Descrição	Valor
Gravidade	Agentes biológicos classificados no Grupo 4	5
	Agentes biológicos classificados no Grupo 3	4
	Agentes biológicos não classificados, mas com reconhecidas implicações clínicas com efeitos cancerígenos, por exemplo, certas micotoxinas, incluindo: aflatoxina B1, ocretoxina, fumonisinas, etc.	
	Agentes biológicos classificados no Grupo 2	
	Agentes biológicos não classificados, mas com reconhecidas implicações clínicas com efeitos altamente tóxicos e/ou sensibilizantes por inalação, por exemplo, uma grande parte das micotoxinas e os agentes causadores da pneumonite hipersensível.	3
	Agentes biológicos classificados no Grupo 1	2
	Agentes biológicos não classificados, mas com reconhecidas implicações clínicas com efeitos considerados tóxicos e/ou sensibilizantes dérmicos, por exemplo, endotoxinas bacterianas e certas substâncias ou estruturas vegetais.	
	Agentes biológicos não classificados, mas com reconhecidas implicações clínicas cujos efeitos possam ser considerados nocivos ou irritantes, por exemplo compostos orgânicos voláteis fabricados por fungos, pó orgânico ou substâncias de origem vegetal ou animal que causem dermatite irritante.	1

Tabela 36 - Nível da extensão do impacto (EI) de acordo com o método MIAR^(biowaste)

Parâmetros de Avaliação	Descrição	Valor
Extensão do impacto	Aerossolização descontrolada do contaminante biológico. Proximidade às fontes de emissão.	5
	Aerossolização alta do contaminante biológico. Proximidade às fontes de emissão.	4
	Aerossolização moderada. Afastamento das fontes de emissão	3
	Aerossolização baixa. Afastamento das fontes de emissão.	2
	Sem aerossolização.	1

Tabela 37 - Nível de frequência (F) de acordo com o método MIAR^(biowaste)

Parâmetros de Avaliação	Descrição	Valor
Exposição/ Frequência	Exposição contínua a bioaerossóis	5
	Exposição frequente a bioaerossóis (75% do tempo)	4
	Exposição ocasional a bioaerossóis (50% do tempo)	3
	Exposição pontual a bioaerossóis (25% do tempo)	2
	Exposição esporádica a bioaerossóis	1

Tabela 38 - Nível do Desempenho dos sistemas de prevenção e controlo de acordo com o método MIAR^(biowaste)

Parâmetros de Avaliação	Descrição	Valor
Desempenho dos sistemas de prevenção e controlo	Não existe um sistema de prevenção nem de controlo implementado.	5
	Não existe um sistema de gestão da prevenção implementado e as práticas de segurança resumem-se à utilização pontual e não sistemática de EPI.	4
	Não existe um sistema de gestão da prevenção implementado, mas existem algumas práticas de segurança funcionais.	3
	Existe um sistema de gestão da prevenção implementado, mas sem evidências da sua adequada funcionalidade.	2
	Existe um sistema prevenção e controlo implementado e baseado numa abordagem de melhoria contínua.	1

Tabela 39 - Nível de Risco

Nível de Risco (NR)	Bandas de Risco
índice de risco ponderado ≤ 125	Baixo
$125 < \text{índice de risco ponderado} \leq 250$	Médio
$250 < \text{índice de risco ponderado} \leq 375$	Elevado
$375 < \text{índice de risco ponderado} \leq 499$	Muito Elevado
índice de risco ponderado ≥ 500	Extremo

Tabela 40 - Custos e complexidade técnica das medidas prevenção

Parâmetros de Avaliação	Descrição	Valor
Custos e complexidade técnica das medidas de prevenção/correção	Medidas de prevenção de baixo investimento e complexidade técnica básica (resolvem-se com procedimentos e instruções de trabalho)	5
	Medidas de prevenção/correção com baixo investimento e complexidade técnica reduzidas (intervenção simples, pequenas alterações em equipamentos, EPI, formação, ...)	4
	Medidas de prevenção/correção de investimento médio e complexidade técnica média (Contratação de TSSHT, alterações pontuais em equipamentos ou nos processos...)	3
	Metodologia de prevenção/correção com investimento e complexidade técnica alta (Proteções coletivas, pequenas alterações de processos, ...)	2
	Metodologia de prevenção/correção com investimento e complexidade técnica elevadas (Novas tecnologias, novos processos, alterações de Layout, contratação de especialistas externos)	1

Tabela 41 - Nível de priorização para o tratamento do risco

Bandas de Priorização	Nível de Priorização para o tratamento do Risco
Situações urgentes	índice de priorização $\geq 50\,000$
Priorização Muito elevada	$15\,000 < \text{índice de priorização} \leq 50\,000$
Priorização Elevada	$2\,500 < \text{índice de priorização} \leq 15\,000$
Priorização Média	$800 < \text{índice de priorização} \leq 2\,500$
Priorização Baixa	índice de priorização ≤ 800