



SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DE COBERTURAS PLANAS

JOSÉ CARLOS GUEDES VIEIRA DE SOUSA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

Orientador: Professora Maria Helena Povoas Corvacho

MARÇO DE 2009

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2006/2008

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ mec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Engenharia Civil - 2006/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

A meus Pais

Obrigado pela educação, pela atenção, pela amizade, pela sinceridade, mas acima de tudo pelo carinho e amor.....

Eu não posso ensinar nada a ninguém, eu só posso fazê-lo pensar

Sócrates

Agradecimentos

Quero expressar a minha gratidão à Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho que orientou e acompanhou a realização deste trabalho, pelo apoio científico que me transmitiu. Agradeço também a sua disponibilidade e todo o tempo que me dispensou.

Resumo

No contexto actual, as coberturas planas têm tido uma significativa aplicação, seguindo a evolução das correntes arquitectónicas e usufruindo do aparecimento e desempenho de novos materiais de impermeabilização. Como é do conhecimento geral, necessitam de manutenção de modo a prevenir ou corrigir possíveis anomalias. Com a utilização de diferentes materiais de isolamento térmico nas coberturas, nos últimos anos, algumas patologias menos comuns surgiram e outras mais frequentes agravaram-se. Com o aparecimento no mercado de novas soluções para a reabilitação de coberturas planas, surge a necessidade de se conhecer com rigor o seu desempenho.

O nosso estudo pretende dar a conhecer duas soluções de sistemas de reabilitação de impermeabilização de coberturas em terraço e respectivas tecnologias, baseadas em revestimentos à base de resinas de poliuretano e em revestimentos cimentícios. Será feita a descrição desses sistemas e identificadas as principais características dos produtos constituintes.

Desenvolve-se ao longo de seis capítulos. O primeiro envolve algumas considerações preliminares na motivação, os objectivos e a sua estrutura. No 2º e 3º capítulo, são abordadas as patologias mais correntes nas coberturas em terraço, algumas exigências funcionais, os sistemas de impermeabilização tradicionais e não tradicionais e as membranas de impermeabilização. No 4º e 5º capítulo, apresentam-se respectivamente as duas soluções de reabilitação de coberturas planas e o trabalho experimental.

O seu objectivo principal é avaliar as duas soluções para a reabilitação de coberturas planas, do ponto de vista do desempenho térmico e da sua durabilidade. Recorreu-se à medição de temperaturas numa instalação experimental criada para o efeito. No capítulo 6º, apresentam-se conclusões e elaboraram-se algumas recomendações.

PALAVRAS-CHAVE: *Coberturas planas, Impermeabilização, temperatura.*

Abstract

In the current environment, flat roofs have a significant application, following the evolution of current architectural and benefit from the appearance and performance of new materials for sealing. It is well-known fact that flat roofs need maintenance to prevent or correct possible deficiencies. In recent years, with the use of different materials for insulation in roofs, some less common pathologies have emerged. In the meantime some of the most frequent pathologies became critical.

With the emergence of new solutions for the benefit of flat roofs, it is necessary to know exactly their performance.

Our study aims to characterize two solutions of systems of retrofit of the sealing of flat roofs and their technologies, based on coatings of polyurethane resins and cement-based coating. A description of these systems and the identification of the main characteristics of the product constituents were made.

This work develops over six chapters. The first chapter involves some preliminary considerations on the motivation, objectives and structure. In 2nd and 3rd chapter, the most current pathologies on the flat roof are addressed. Some functional requirements, systems of traditional and non-traditional waterproofing and the membranes for waterproofing are identified too. In the 4th and 5th chapter, the two solutions for rehabilitation of flat roofs and experimental work are presented. Its main objective is to evaluate the two solutions for the rehabilitation of flat roofs, in what concerns their thermal performance and their durability. For the purpose, we have set up an experimental facility for measuring temperatures.

In chapter 6, final chapter, the conclusions of the work, and some recommendations are presented.

KEYWORDS: flat roofs, sealing, temperature.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE QUADROS	xiii
 1. - Introdução	 1
1.1 - MOTIVAÇÃO	1
1.2 - OBJECTIVOS DO TRABALHO	4
1.3 - ESTRUTURA DO TRABALHO	6
 2. - Anomalias correntes em coberturas planas	 7
2.1 - INTRODUÇÃO	7
2.2 - ANOMALIAS MAIS FREQUENTES	8
2.3 - EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DAS COBERTURAS EM TERRAÇO	13
2.3.1 - GENERALIDADES	13
2.3.2 - EXIGÊNCIAS DE SEGURANÇA	14
2.3.2 - EXIGÊNCIAS DE HABITABILIDADE	14
2.3.3 - EXIGÊNCIAS DE DURABILIDADE	15
 3. - Sistemas de impermeabilização de coberturas em terraço	 16
3.1 - SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE COBERTURAS PLANAS	16
3.1.1 - SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO TRADICIONAIS	16
3.1.2 - SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO NÃO-TRADICIONAIS APLICADOS “IN SITU”	19

3.2 - CARACTERÍSTICAS DAS MEMBRANAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

DE COBERTURAS EM TERRAÇO	23
3.2.1 - MEMBRANAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO	23
3.2.2 - MEMBRANAS DE BETUME-POLÍMERO “APP E SBS”	24
3.2.3 - MEMBRANAS DE PVC PLASTIFICADO.....	29
3.2.4 - MEMBRANAS DE EPDM	31
3.2.5 - MEMBRANAS DE BORRACHA BUTÍLICA.....	33
3.2.6 - MEMBRANAS DE POLI-ISOBUTILENO (PIB).....	35
3.2.7 - MEMBRANAS DE POLIETILENO (CPE).....	37

4. - Soluções de reabilitação da impermeabilização de coberturas em terraço

4.1 - INTRODUÇÃO	40
4.2 - SELECÇÃO	42
4.3 - SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO À BASE DE POLIURETANO	42
4.3.1 - PRIMÁRIO	42
4.3.2 - MEMBRANA IMPERMEABILIZANTE.....	44
4.3.3 - CAMADA DE PROTECÇÃO (TRÁFEGO LIGEIRO)	46
4.3.4 - CAMADA DE PROTECÇÃO (TRÁFEGO INTENSO)	48
4.4 - SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO À BASE DE REVESTIMENTOS CIMENTÍFICOS	50
4.4.1 - REVESTIMENTO CIMENTÍFICO	50
4.4.2 - CAMADA DE PROTECÇÃO (TRÁFEGO LIGEIRO)	52
4.5 - PORMENORES DE EXECUÇÃO	54
4.6 - TIPOS DE ISOLAMENTO TÉRMICO UTILIZADOS	57
4.6.1 - GENERALIDADES.....	57
4.6.2- POLIESTIRENO EXTRUDIDO	58
4.6.3 - BETÃO ULTRA LEVE	59

5. - Estudo Experimental	62
5.1 - INSTALAÇÃO EXPERIMENTAL	62
5.1.1 - INTRODUÇÃO	62
5.1.2 - LOCALIZAÇÃO	64
5.1.3 - AMOSTRA	66
5.1.4 - MODO DE MEDIÇÃO E APARELHO UTILIZADO	69
5.2. - RECOLHA E ANÁLISE DE DADOS	71
5.2.1 - INTRODUÇÃO	71
5.2.2 – TEMPERATURAS – 8H00, 14H00, 18H00	72
5.2.3 - TEMPERATURAS – 8H00	75
5.2.4 - TEMPERATURAS – 14H00	78
5.2.5 - TEMPERATURAS – 18H00	89
5.2.6 - COMPARAÇÃO DE TEMPERATURAS – 8H00, 14H00, 18H00	94
5.2.7 – ANOMALIAS/PATOLOGIAS DETECTADAS	94
6. - Conclusões	103
6.1 - RESUMO DE RESULTADOS E CONCLUSÕES	103
6.2– DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	111
Referências	112
Bibliografia	118
Anexos	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1.1 – Cobertura Plana com utilização significativa.....	1
Fig.1.2 – Patologias das Coberturas Planas segundo alguns estudos europeus	2
Fig.2.1 – Cobertura Plana com problemas de estanquidade na superfície corrente.....	10
Fig.2.2 – Cobertura Plana com problemas de estanquidade na zona periférica e superfície corrente.	10
Fig.2.3 – Má execução do escoamento de águas pluviais nos dispositivos de recolha e evacuação de águas	11
Fig.2.4 – Infiltrações através das chaminés e das tubagens emergentes.....	12
Fig.2.5 – Origem das anomalias das coberturas em terraço	12
Fig.3.1 – Imagem de uma cobertura impermeabilizada com sistema “não tradicional”	22
Fig.3.2 – Sistema de camada simples	25
Fig.3.3 – Aplicação da segunda camada de um sistema de camada dupla.....	25
Fig.3.4 – Esquema de remate com parede emergente dum revestimento com base em membranas de EPDM.....	31
Fig.3.5 – Esquema de um remate com uma parede emergente de cobertura com membranas de PIB	36
Fig.3.6– Esquema duma junta transversal entre membranas com acabamento inferior resiliente.....	37
Fig.4.1 – Cobertura de uma moradia com revestimento à base de poliuretano.....	50
Fig.4.2 – Terraço com revestimento cimentício e acabamento cerâmico.....	52
Fig.4.3 – Terraço com revestimento cimentício	54
Fig.4.4 – Tratamento de Fissuras	55
Fig.4.5 – Pormenor de execução dos “Remates” das tubagens e demais saliências existentes nas coberturas	55
Fig.4.6 – Pormenor de execução dos “remates” da impermeabilização na fachada envolvente	56

Fig.4.7 – Pormenor de execução dos “remates” da impermeabilização nos “muretes”	57
Fig.4.8 – Aglomerado de granulados de poliuretano e borracha.....	60
Fig.5.1 – Placa (lajeta de betão) sem qualquer tipo de revestimento.....	62
Fig.5.2 – Placas (lajetas de betão) com os produtos aplicados.....	63
Fig.5.3 – Vista aérea dos locais de medição e análise	64
Fig.5.4 – Local inicial de medição e análise, Gondomar (GDM).....	65
Fig.5.5 – Segundo local de medição e análise, V.N.Gaia (VNG)	65
Fig.5.6 – Pormenor da estrutura da “mesa de trabalho”	66
Fig.5.7 – Altura da mesa de trabalho	67
Fig.5.8 – Placas revestidas com os diferentes revestimentos de impermeabilização.....	67
Fig.5.9 – Modo de medição das placas (zona superior)	69
Fig.5.10 – Modo de medição das placas (zona inferior)	70
Fig.5.11 – Aparelho de medição	70
Fig.5.12 – Gráfico comparativo da temperatura, nas três medições diárias, local inicial	73
Fig.5.13 – Gráfico comparativo da temperatura nas três medições diárias, segundo local	74
Fig.5.14 – Gráfico resumo das temperaturas superficiais superiores às 8h00, local inicial.	76
Fig.5.15 – Gráfico comparativo da temperatura da superfície inferior e temperatura ambiente, às 8h00 local inicial.	77
Fig.5.16 – Gráfico resumo das temperaturas superficiais às 14h00, local inicial.	79
Fig.5.17 – Gráfico comparativo da temperatura superficial da placa revestida com telas betuminosas e da placa revestida com impermeabilizante à base de poliuretano.....	80
Fig.5.18 – Gráfico comparativo da temperatura superficial superior e inferior da placa revestida com telas betuminosas.....	82
Fig.5.19 – Gráfico comparativo da temperatura superficial superior e inferior da placa revestida com Poliuretano Branco	83
Fig.5.20 – Gráfico comparativo da temperatura superficial superior das placas 11 e 16.....	84

Fig.5.21 – Gráfico comparativo da temperatura superficial superior da placa 11 e 19	86
Fig.5.22 – Gráfico comparativo da temperatura superior das placas 6 e 11	87
Fig.5.23 – Gráfico comparativo da temperatura superior das placas 3 nos dois locais de medição.....	88
Fig.5.24 – Gráfico comparativo da temperatura do ar e da temperatura superficial superior e inferior da placa 2, revestida com telas betuminosas.....	90
Fig.5.25 – Gráfico resumo comparativo das temperaturas superiores das placas, às 18h00.....	91
Fig.5.26 – Gráfico resumo comparativo da temperatura da face inferior das placas, às 18h00	92
Fig.5.27 – Gráfico comparativo das temperaturas das placas 11,16 e 19.	93
Fig.5.28 – Gráfico comparativo das temperaturas das placas, entre as duas plataformas do trabalho, às 18h00.....	94
Fig.5.29 – Gráfico comparativo da amplitude térmica (8h/14h) das placas 2 e 11.	96
Fig.5.30 – Gráfico comparativo da amplitude térmica (8h/14h) das placas 12, 16 e 19.....	97
Fig.5.31 – Gráfico comparativo da amplitude térmica (superior/inferior - 8h/14h) das placas 6 e11	98
Fig.5.32 – Pormenor do destacamento da tela betuminosa (placa 13)	99
Fig.5.33 – Pormenor do destacamento da tela betuminosa (placa 12)	100
Fig.5.34 – Pormenor referente à presença de gotas de água (placa 16)	101
Fig.5.35 – Pormenor referente à presença de gotas de água (placa 4)	102
Fig.5.36 – Placa com impermeabilização à base de poliuretano aplicado directamente na base	102

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Materiais tradicionais de impermeabilização de coberturas em terraço.....	18
Quadro 3.2 – Sistemas tradicionais de impermeabilização de coberturas	19
Quadro 3.3 – Materiais não tradicionais de impermeabilização de coberturas	21
Quadro 3.4 – Sistemas não tradicionais de impermeabilização de coberturas	23
Quadro 3.5 – Características da membrana Betume Polímero APP	26
Quadro 3.6 – Características da membrana Betume Polímero SBS.....	27
Quadro 3.7 – Características das membranas betuminosas associadas à Marca CE.....	28
Quadro 3.8 – Características da membrana PVC plastificado	30
Quadro 3.9 – Características da membrana EPM	32
Quadro 3.10 – Características da membrana de borracha butílica	34
Quadro 3.11 – Características da membrana de Poli-isobutileno (PIB)	35
Quadro 3.12 – Características da membrana de Polietileno (CPE)	38
Quadro 4.1 – Características do Primário	43
Quadro 4.2 – Características da membrana impermeabilizante.....	45
Quadro 4.3 – Características da camada de protecção (tráfego ligeiro)	47
Quadro 4.4 – Características da Camada de protecção (tráfego intenso)	49
Quadro 4.5 – Características do Revestimento Cimentício	53
Quadro 4.6 – Propriedade de Poliestileno Extrudido	58
Quadro 4.7 – Condutibilidade térmica.....	61
Quadro 5.1 – Amostragem em Gondomar (GDM).....	68
Quadro 5.2 – Amostragem em Canidelo V.N.Gaia (GDM)	69

1 - INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

A cobertura é um dos elementos fundamentais do edifício, sendo a sua função principal a de o proteger e **preservar** do exterior. É de grande importância para a conservação da estabilidade de toda a construção, sendo fundamental a sua manutenção, não só para a sua própria continuidade, como também para o resto dos componentes do edifício. Nos últimos anos, a cobertura plana tem tido uma significativa aplicação, seguindo a evolução das correntes arquitectónicas e usufruindo do aparecimento e desempenho de novos materiais de impermeabilização. O revestimento e impermeabilização de coberturas planas exige a utilização de materiais de qualidade, tendo subjacente a sua boa utilização, ao nível da concepção do projecto, como nos demonstra a figura 1.1

Mas, na realidade, verificam-se situações pouco satisfatórias ao nível da utilização das características dos materiais e da sua execução, dando-se pouca importância à concepção do projecto. São recorrentes as anomalias das coberturas planas, em Portugal, que surgem agravadas pelo não cumprimento da legislação técnica e pela não utilização de produtos homologados e certificados.



Fig. 1.1 – Cobertura Plana com utilização significativa

Tendo em conta os resultados estatísticos de alguns estudos realizados a nível europeu [1], a distribuição da origem das anomalias das coberturas planas agrupam-se da seguinte forma: 42% são produzidas por erros de projecto; 25% por erros na execução; 18% por defeito nos materiais; 9% por um mau uso e 6% pela erosão causada pelos agentes atmosféricos. A figura 1.2 representa esses dados.

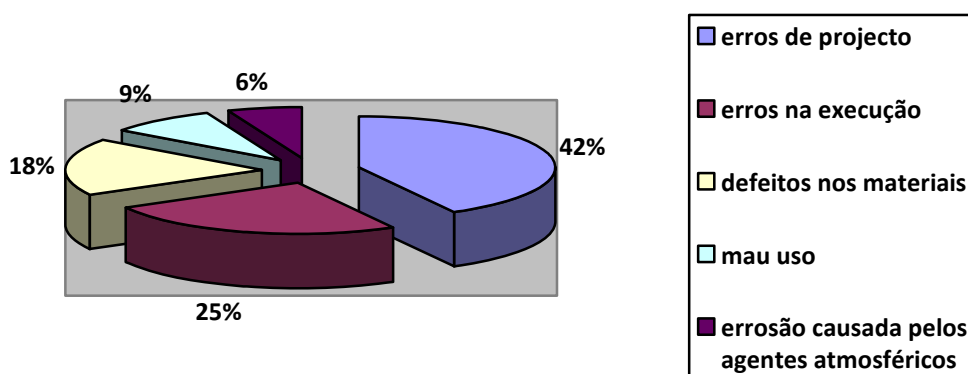


Figura 1.2 – Anomalias das Coberturas Planas segundo alguns estudos europeus

A figura evidencia que a ocorrência de anomalias parece resultar, na generalidade, de diferentes factores, o que implica a reflexão e a análise das situações, no sentido de definir a melhor solução a utilizar, de forma a melhorar as condições das edificações. Demonstra também a importância do projecto, a importância de se conhecer o funcionamento estrutural, bem como os sistemas e componentes que integram a envolvente estanque para fazer um bom diagnóstico e indicar os diferentes materiais a utilizar.

O revestimento de impermeabilização tem como função principal garantir a satisfação das exigências de estanquidade à água. Os revestimentos de impermeabilização devem ser protegidos das acções a que estão sujeitos durante o seu tempo de vida útil, nomeadamente das acções climáticas e mecânicas. Para tal, são usados diferentes materiais, diferentes metodologias, umas mais actuais, outras mais tradicionais, que importa conhecer.

Contudo, das anomalias verificadas, resultam quase sempre infiltrações de água que condicionam a vida dos utentes das edificações, provocando prejuízos, muitas vezes significativos. Estes prejuízos traduzem-se em custos referentes não só aos trabalhos de reparação, como também ao condicionamento dos espaços.

As coberturas planas são a solução mais utilizada na construção em altura, que mais identificam as edificações, no contexto actual. Estão constantemente expostas à humidade, à radiação solar, à chuva, às mudanças de temperatura e ao desgaste de utilização. Como resultado, a maioria das coberturas planas necessitam de manutenção e ou renovação, o que implica uma análise cuidada, segundo uma metodologia de trabalho que facilite o conhecimento da cobertura e permita averiguar, com pormenor, as causas das patologias.

A saúde da cobertura está condicionada à sua manutenção, pois os materiais não têm duração ilimitada, são vulneráveis com o passar do tempo, daí a importância de se conhecer as suas características técnicas. Conforme a necessidade da cobertura, a manutenção pode fazer-se ao nível preventivo e/ou correctivo. Todas as intervenções de reparação ou correcção implicam um diagnóstico, ou seja, um estudo prévio das condicionantes do sistema existente de cobertura.

As patologias mais comuns, na cobertura plana, são as fendas e fissuras que podem ser devidas a movimentos estruturais, movimentos de dilatação, movimentos e fissurações do suporte, soluções construtivas incorrectas, falta de isolamento e outras. O estado de conservação de todos os elementos que compõem a cobertura está ligado à durabilidade de todo o sistema impermeabilizante. A deterioração na superfície pode ser agravada pela erosão da protecção, pela acumulação de água, pelas manchas, pelo envelhecimento do sistema de impermeabilização, como também pelos empolamentos. Das anomalias em pontos singulares [8], aparecem os descolamentos de remates, com elementos imergentes ou emergentes da cobertura, o rasgamento ou fissuração de remates em juntas de dilatação. Estas anomalias manifestam-se nas platibandas ou paredes emergentes, nas juntas de dilatação, nos pontos de drenagem e evacuação de águas pluviais, nos atravessamentos da cobertura tais como tubagem de ventilação e soleiras de portas [8].

Foi realizado, em França, um estudo [7], envolvendo 12 200 casos de patologias em edifícios. Segundo esse levantamento, 22% manifestaram-se em coberturas, e destas cerca de 37% ocorreram em coberturas de terraços, as restantes 63% correspondiam a coberturas inclinadas. Estes valores são inversos aos verificados em 1968 e 1978. Nessa data, registaram-se 21% de anomalias, (sensivelmente o mesmo valor que em 1982). Contudo, cerca de 31% correspondiam às coberturas inclinadas e 69% às coberturas em terraço [1]. Esta inversão de valores está essencialmente relacionada com a melhoria das

características dos materiais de impermeabilização de coberturas em terraço e uma evolução ao nível da normalização e certificação destes materiais.

Relativamente ao período de ocorrência das primeiras manifestações de humidade no interior dos edifícios após a sua construção, o inquérito francês indica que a maioria das anomalias (36%) aparece entre o 5º e 6º ano [7]. No nosso País, muitas das patologias aparecem logo, no período de 1 a 2 anos [8]. É importante referir que, em alguns casos, as infiltrações verificadas têm origem na concepção da cobertura do terraço [8].

A manutenção é primordial, uma vez que pode prevenir ou corrigir possíveis disfunções. Os materiais e o próprio sistema têm um limite temporal, como já referimos. As coberturas têm necessariamente de se conservar, implicando operações de manutenção, sendo estas, por vezes, tarefas complexas.

A concorrente melhoria dos métodos construtivos e a necessidade de melhorar o desempenho térmico das edificações têm conduzido à existência de uma gama de materiais de isolamento térmico que são postos à disposição dos utilizadores. Contudo, dada a sua diversidade e a necessidade de se evitar a utilização de produtos menos adaptados às situações [6], deve-se exigir a sua certificação ou homologação e ficha técnica, elementos indispensáveis, na realização do caderno de encargos.

Desde os tempos mais remotos, a luta contra a humidade e a garantia do conforto interior das edificações foram um objectivo de todos os intervenientes no processo construtivo, o que se foi conseguindo, utilizando materiais e sistemas da época.

Neste âmbito, foram surgindo novos materiais, novas metodologias, novos equipamentos e novos processos de trabalho que estão disponíveis, no mercado da construção. Face às tipologias construtivas, aos materiais disponíveis e às técnicas de construção usadas, vamos abordar duas soluções de reabilitação de impermeabilização que fazem parte do nosso estudo experimental.

1.2 OBJECTIVOS DO TRABALHO

Nas últimas décadas, têm ocorrido importantes desenvolvimentos das tecnologias da construção. A evolução das correntes arquitectónicas e o aparecimento de novos materiais têm contribuído para a mudança dos padrões de conforto dos utilizadores dos edifícios, cada vez mais exigentes ao nível higrotérmico, acústico, visual e táctil. O

projecto das coberturas planas [33] é frequentemente incipiente e não contempla toda a complexidade de exigências funcionais destas coberturas, nem prevê ou descreve os materiais nem as soluções construtivas.

Durante muito tempo, a escolha dos revestimentos utilizados nas edificações estava dependente da tradição ou do aspecto estético. Na realidade, são frequentes as anomalias das coberturas planas, que surgem agravadas por diferentes factores, entre outros, a pouca regulamentação técnica específica, como também a utilização de materiais e sistemas de impermeabilização, sem informação técnica adequada e sem formação profissional dos aplicadores.

Embora haja uma crescente preocupação com a qualidade da construção, a ocorrência das anomalias é muito frequente. É fundamental conhecer as suas causas e aprender com os erros, conhecer diferentes técnicas de reparação e intervenção, de natureza preventiva ou correctiva, pois para cada anomalia poderão existir diferentes soluções possíveis.

Em Portugal, são conhecidos alguns estudos estatísticos das anomalias da construção. Em todo o domínio da construção, nomeadamente no das coberturas planas, esses estudos têm muito interesse e são um contributo para a melhoria da qualidade da construção [9,34].

São conhecidas as patologias mais frequentes em coberturas em terraço e existem soluções que resolvem de uma forma mais ou menos feliz essas patologias. No entanto, com a utilização generalizada de materiais de isolamento térmico, nos últimos anos, algumas patologias menos comuns surgiram e agravam-se outras mais comuns. Por outro lado, o aparecimento, no mercado, de novas soluções de reabilitação de coberturas em terraço conduz à necessidade de se conhecer o seu desempenho.

O nosso estudo pretende dar a conhecer duas soluções de sistemas de reabilitação de impermeabilização de coberturas em terraço e respectivas tecnologias, baseadas em revestimentos à base de resinas de poliuretano e em revestimentos cimentícios. Será feita a descrição desses sistemas e identificadas as principais características dos produtos constituintes.

É nosso objectivo fundamental realizar um trabalho experimental, onde será feito um estudo e análise destas duas soluções, do ponto de vista do desempenho térmico e de durabilidade, face às condições de exposição a que são sujeitas. No âmbito deste

trabalho, serão comparados os dois tipos de impermeabilização referidos com os materiais “tradicionais” mais utilizados, em particular, os produtos betuminosos.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O nosso estudo desenvolve-se ao longo de seis capítulos. O primeiro envolve a introdução, onde são abordadas algumas considerações preliminares na motivação, seguindo-se os objectivos e a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 faz uma abordagem a patologias correntes em coberturas planas em terraço, seguindo-se a indicação de algumas exigências funcionais.

O capítulo 3 refere os sistemas de impermeabilização de coberturas planas, onde são salientados os tradicionais e não-tradicionais, bem como as características das membranas de impermeabilização.

O capítulo 4 apresenta duas soluções de reabilitação de coberturas planas, descrevendo os sistemas de impermeabilização à base de poliuretano e os revestimentos cimentícios, sendo feita a caracterização dos produtos.

O capítulo 5 é dedicado ao estudo experimental. É identificada a amostra, os cenários onde é desenvolvido o nosso trabalho, o modo de medição e o aparelho utilizado.

É feita a recolha e análise dos dados, a sua organização e sistematização, seguindo-se a apresentação dos resultados.

No capítulo 6, apresentam-se as principais conclusões.

2. Anomalias correntes em coberturas planas

2.1 INTRODUÇÃO

O investimento nas áreas da reabilitação e conservação de edifícios em Portugal continua ainda reduzido, quando comparado com a realidade de muitos países da União Europeia. Contudo, tem-se assistido a um desenvolvimento deste sector, motivado por factores diversos, entre os quais, a necessidade de conservar e preservar o património arquitectónico e cultural.

Nos últimos anos, tem havido uma preocupação crescente com a qualidade da construção, traduzida pela introdução de regulamentação específica.

Mas, na realidade, há edificações que não apresentam a qualidade desejada, com patologias complexas que limitam a sua utilização, quer em termos globais, quer em termos parciais. O levantamento dessas patologias sempre foi objecto de estudos com o fim de se diagnosticar as suas causas e elaborar o tratamento a seguir.

Segundo Freitas [66], as principais causas da não qualidade dos edifícios correntes são, entre outras, a falta de sistematização do conhecimento, a ausência de informação técnica, a inexistência de um sistema efectivo de garantias e seguros, a velocidade exigida ao processo de construção, as novas preocupações arquitectónicas, a aplicação inadequada de novos materiais e a inexistência, na equipa de projecto, de especialistas em física das construções.

O revestimento de impermeabilização de coberturas em terraço deve garantir que a cobertura tenha um bom desempenho. Uma incorrecta selecção dos materiais de impermeabilização pode conduzir à ocorrência de problemas nas coberturas e nas edificações, por não corresponderem à sua funcionalidade. Destas situações, resultam, muitas vezes, anomalias na cobertura em terraço.

2.2 ANOMALIAS MAIS FREQUENTES

Geralmente, a existência de anomalias na cobertura em terraço verifica-se com manifestações de humidade no interior dos espaços subjacentes. Mas estas manifestações de humidade podem ter causas diversas.

A determinação das causas das anomalias é importante para uma intervenção mais cuidada e eficiente. Não existem regras ou procedimentos predefinidos para a determinação das causas de uma anomalia. Cada caso é um caso. A identificação de causas só será possível através da realização de inspecções e diagnósticos completos.

Segundo a bibliografia existente, podemos enquadrar as causas das patologias que ocorrem em coberturas em terraço nos erros de projecto, nos erros de execução, nos defeitos de fabrico, nos erros de utilização e outros. Para Grandão Lopes [8], as patologias, nas coberturas em terraço, podem não resultar destas causas, ou seja, podem não ser apenas o resultado de erros específicos do projecto, de fabrico ou de execução, mas sim de um conjunto de factores relacionados com a concepção do sistema de impermeabilização.

Segundo outros autores [67], são apontadas cinco grupos de causas, como erros de projecto, erros de execução, as acções ambientais, as acções acidentais de origem mecânica e erros de utilização. Dentro destes cinco grupos, são identificadas as causas mais relevantes.

Relativamente aos erros de projecto, registam-se entre outras, a escolha incorrecta de materiais incompatível com a utilização, a especificação incorrecta da espessura dos materiais a utilizar, a especificação incorrecta de produtos a utilizar na colagem dos revestimentos, a pormenorização incorrecta ou inexistente de pendentes para evacuação de águas, a não consideração de isolamento térmico e acústico, a não previsão de planimetria, a deficiente pormenorização de zonas singulares, a não especificação de impermeabilização em pavimentos e outras.

Sobre os erros de execução, referem-se a deficiente interpretação ou não cumprimento do projecto, a utilização de materiais não prescritos e ou incompatíveis entre si, a execução em condições de temperatura e ou humidade inadequadas, o recurso à mão de obra não qualificada, a deficiente preparação do suporte, espessuras inadequadas do material de assentamento, execução dos revestimentos com teores de humidade no suporte elevados, pendentes mal executadas quando especificadas, assentamento dos

revestimentos nas juntas de dilatação do suporte, utilização de materiais de assentamento ou de preenchimento de juntas com retracção elevada, mistura incorrecta dos componentes dos materiais de assentamento, má execução de remates de zonas singulares e outras.

Sobre as acções ambientais, apontam-se as causas associadas às condições atmosféricas e o envelhecimento natural.

Relativamente às causas ligadas às acções acidentais, referem-se os movimentos diferenciais, os choques, as vibrações, o vandalismo e outras.

No que se refere aos erros de utilização, sobressaem as causas ligadas às anomalias em canalizações, ausência de manutenção e limpeza com produtos não adequados.

Também Gonçalves e Silva [33], tendo por base um estudo, englobando mais de duas centenas de casos de reabilitação de coberturas planas, indicam quatro grandes categorias de tipos de anomalias, com causas distintas:

- Anomalias em superfície corrente da cobertura
- Anomalias em zonas periféricas da cobertura
- Anomalias nos dispositivos de recolha e evacuação de águas pluviais
- Anomalias em pontos singulares da cobertura

Sobre as **anomalias em superfície corrente da cobertura**, foram indicadas várias causas, como: ausência de revestimento, revestimento inadequado, perfuração do revestimento impermeabilizante, ausência ou deficiente dessolidarização da protecção pesada, envelhecimento do revestimento impermeabilizante, descolagem das soldaduras nas juntas do revestimento impermeabilizante, degradação do revestimento impermeabilizante por acção de raízes, deficiente regularização do suporte, anomalias devido à acção do vento, água retida no suporte sob o revestimento impermeabilizante e anomalias devido à presença prolongada de água.

A figura 2.1 mostra-nos uma cobertura plana com problemas de estanquidade, onde são visíveis anomalias na superfície corrente da cobertura e terraço, bem como deficiente execução das pendentes necessárias a um correcto e eficaz escoamento das águas pluviais.



Fig. 2.1 – Cobertura plana com problemas de estanquidade na superfície corrente

Relativamente às **anomalias em zonas periféricas da cobertura**, foram registadas as anomalias no revestimento impermeabilizante aparente em paredes, anomalias em paredes onde o revestimento impermeabilizante é inserido, deficiente remate do revestimento impermeabilizante em soleiras de portas, infiltração de água através de paramentos verticais contíguos à cobertura e infiltrações devido a deficiente capeamento em platibandas. A figura 2.2 demonstra anomalias na zona periférica e na zona da superfície corrente da cobertura, onde se pode observar a presença de vegetação nas fissuras existentes.



Fig. 2.2 – Cobertura plana com problemas de estanquidade na zona periférica e na superfície corrente

No que se refere às **anomalias nos dispositivos de recolha e evacuação de águas pluviais**, foram indicadas as causas de obstrução das embocaduras dos tubos de recolha de águas pluviais, dispositivos de entrada de águas pluviais de dimensões insuficientes, ascensão e retorno das águas escoadas nos tubos de queda, infiltrações através de troços horizontais de tubagens e deficiente remate junto a embocaduras dos tubos de queda.

A figura 2.3 evidencia anomalias nos dispositivos de recolha e evacuação de água, onde podemos observar a presença de detritos e sujidade.



Fig. 2.3 – Má execução do escoamento de águas pluviais, nos dispositivos de recolha e evacuação de águas

No que concerne às **anomalias em pontos singulares da cobertura**, ressaltam as anomalias em juntas de dilatação, infiltrações através de tubagens emergentes, anomalias em lanternins e clarabóias e infiltrações através de chaminés emergentes.

Na figura 2.4, pode ver-se anomalias em pontos singulares da cobertura.



Fig. 2.4 – Infiltrações através das chaminés e das tubagens emergentes

As causas referidas estão de acordo com o estudo que envolveu mais de duas centenas de coberturas analisadas [33]. Todas estas causas foram analisadas em diferentes parâmetros e foram elaboradas as respectivas fichas de anomalias.

Sobre a distribuição das anomalias na zona de cobertura, 38% das anomalias registaram-se nas zonas periféricas, 28% na superfície corrente, 21% nos dispositivos de recolha e evacuação de águas pluviais e 13% em pontos singulares.

Relacionando a origem das anomalias verificadas nas coberturas em terraço, os mesmos autores [33] consideram que mais de 80% dos defeitos se devem a erros de concepção e aplicação. Neste âmbito, o gráfico nº 2.1 apresenta a origem das anomalias.

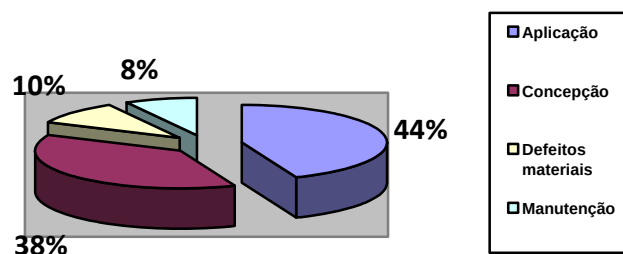


Figura 2.5 – Origem das anomalias das coberturas em terraço

O gráfico evidencia que (44% + 38%) são anomalias referentes à aplicação e concepção, 10% representam os problemas ligados aos defeitos dos materiais e 8% está ligada à manutenção.

Segundo a bibliografia existente, como já referimos, as anomalias estão associadas a factores diversificados, havendo uma correlação entre as diferentes partes envolvidas no processo construtivo.

Tendo em conta que as diversas técnicas de reabilitação e a causa humana são importantes para o bom ou mau funcionamento das soluções durante a vida útil da obra, é fundamental a utilização de materiais homologados e mão-de-obra especializada na execução dos trabalhos.

2.3 EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DAS COBERTURAS EM TERRAÇO

2.3.1 GENERALIDADES

O estabelecimento de exigências funcionais para os revestimentos advém da necessidade de estes corresponderem à satisfação das suas funções.

Pretende-se que as coberturas planas, além de delimitar o espaço interno e proteger o meio interior dos agentes externos, criem um ambiente adequado às condições de utilização, em função das condições de exposição. Deste modo, face à diversidade de materiais e sistemas construtivos existentes, o revestimento de impermeabilização de coberturas em terraço deve garantir que sejam satisfeitas as exigências funcionais de segurança, de habitabilidade e de durabilidade.

Relativamente às exigências de segurança e habitabilidade, estas visam respectivamente garantir a integridade física dos utentes e as suas condições indispensáveis à vida.

As exigências de durabilidade têm como função garantir a manutenção das qualidades do revestimento. A enumeração das exigências funcionais e a sua associação pode ser feita de forma diversa [9]. Tendo subjacente, as directrizes gerais UEAtc [10] para a homologação de revestimentos de impermeabilização de coberturas e a proposta belga

[11], apresentamos a seguir as exigências funcionais que nos parecem mais pertinentes, todas elas totalmente aplicáveis.

2.3.2 EXIGÊNCIAS DE SEGURANÇA

Relativamente às exigências de segurança, o revestimento de impermeabilização deve ter a resistência mecânica suficiente para haver segurança na circulação de pessoas e nas cargas de serviço e proceder-se, sempre que necessário, a trabalhos de manutenção da cobertura, de modo a evitar a degradação e limitar custos.

Não apresentar risco de levantamento, arrancamento ou de rotura, devido ao vento. As características da cobertura, no seu conjunto, e principalmente o sistema de impermeabilização devem limitar a propagação das chamas. É importante o tipo de revestimento utilizado, pois o comportamento ao fogo depende da camada de protecção. Os materiais utilizados devem cumprir as normas regulamentares vigentes, nomeadamente no que se refere à libertação de gases tóxicos que afectam a saúde das pessoas. O sistema de impermeabilização deve resistir à acção das cargas permanentes e sobrecargas de utilização, sem se verificarem fendas, fracturas ou outros danos.

2.3.3 EXIGÊNCIAS DE HABITABILIDADE

No que concerne às exigências de habitabilidade, o revestimento de impermeabilização deve possuir estanquidade à água e humidades, em especial à humidade em todos os locais onde esta esteja presente. Deve haver salubridade, o que implica higiene normal, limpeza, pureza do ar ambiente, não exalação de odores ou gases incómodos. O conforto higratérmico, o conforto acústico, o conforto na circulação dos utentes, o conforto visual e o conforto táctil são também exigências de funcionalidade que não devem ser descuradas.

2.3.4 EXIGÊNCIAS DE DURABILIDADE

Quanto às exigências de durabilidade, referimo-nos à durabilidade intrínseca e à durabilidade em função do uso. Sobre a primeira, a durabilidade intrínseca, os materiais utilizados, nos revestimentos de piso, não devem apresentar alterações significativas das suas características, relativamente às acções das variações atmosféricas, radiações ultravioletas e agentes biológicos.

No que se refere às exigências de durabilidade do uso, deve haver resistência ao desgaste, quer provocado pelo tráfego pedestre, quer por outro qualquer tipo de tráfego, sem que ocorram alterações significativas do seu aspecto. Este deve apresentar-se uniforme, não apresentar manchas, empolamentos, pregas, rugas, sulcos ou concavidades. Deve haver resistência à acção dos produtos químicos, não ser afectado pela acção dos agentes atmosféricos e pelas variações das condições ambientais. A exigência de durabilidade implica manutenção, limpeza, conservação e reparação.

No revestimento de impermeabilização das coberturas, deve considerar-se as exigências funcionais, sendo para isso importante a aplicação de materiais de construção homologados. Segundo Paiva [11,12], impõe-se uma referência aos principais materiais utilizados nas coberturas em terraço, já que condicionam, em alguns casos, de modo importante, o comportamento do revestimento de impermeabilização.

Na realidade, os materiais têm sofrido melhorias técnicas [37] significativas e são actualmente submetidos, na sua maioria, a testes exaustivos, por exigência dos diversos processos de certificação da qualidade, em vigor, em muitos países. No entanto, os erros de utilização, apesar de surgirem como a causa menos significativa, poderiam ser reduzidos, uma vez que estão relacionados frequentemente com a falta de manutenção.

3 Sistemas de impermeabilização de Coberturas Planas em Terraço

3.1 SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE COBERTURAS PLANAS

As coberturas em terraço têm características funcionais e formais que, em muitos casos, são recomendadas ou impostas. Assim, nos últimos anos, têm tido uma significativa aplicação em Portugal, seguindo a evolução de soluções construtivas, usufruindo do aparecimento de novos materiais de impermeabilização e da melhoria de desempenho dos existentes.

Os sistemas de impermeabilização [9] podem classificar-se, assim como os materiais de impermeabilização em tradicionais e não-tradicionais, com a possibilidade de poderem ser executados “in situ”. Quanto ao modo de ligação do suporte, dizem-se aderentes, semi-aderentes (ou semi-independentes) e sistemas independentes, conforme as superfícies são totalmente aderentes, parcialmente aderentes, ou totalmente desligados do suporte. Há ainda os sistemas fixos mecanicamente.

A maioria dos materiais isolantes aplicados em coberturas em terraço funciona como suporte dos sistemas de impermeabilização dessas coberturas. Isto para a cobertura tradicional, mas actualmente faz-se cada vez mais coberturas invertidas.

3.1.1 SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO TRADICIONAIS

A utilização de materiais e sistemas tradicionais teve até à década de 70 uma larga aplicação, não só em Portugal, como na Europa. Segundo Lopes [9], até aquela data, na Suécia, 90% das coberturas aplicaram sistemas de impermeabilização tradicionais. Em França e Alemanha, a situação foi idêntica. Fora da Europa, no Japão, 70% a 75% dos

revestimentos aplicados eram também tradicionais [13]. Também nos Estados Unidos, estes sistemas estavam ainda a ser aplicados, no mercado.

Sistemas de revestimentos tradicionais são aqueles, em relação aos quais, existe uma prática suficiente consolidada de utilização e cujas características e comportamento são suficientemente conhecidos, estando os restantes sujeitos a exigências de homologação previstas pelo art. 17º do RGEU [21].

Os materiais betuminosos têm constituído desde há muito tempo a base das soluções de impermeabilização de coberturas, em Portugal. Inicialmente, pelo menos, a partir da década de 50, eram correntes o uso de soluções com base em várias camadas de emulsões betuminosas, em fortificações diversas [14].

Com o desenvolvimento dos processos de oxidação dos betumes de destilação directa ou de penetração, surgiram os betumes insuflados ou oxidados, com características superiores para serem aplicados. Os betumes são caracterizados por um conjunto de ensaios, em que as técnicas de realização são uniformes na maioria dos países, pelos menos europeus e americanos. O betume é um material que a temperaturas elevadas se torna mais mole. Se estas soluções eram aplicadas na altura em Portugal, actualmente parecem ter aplicações limitadas a casos pontuais ou de importância reduzida. Estes sistemas são constituídos por camadas múltiplas de emulsões betuminosas, intercaladas ou não por armaduras, que em geral são de tela de fibra de vidro. Da documentação consultada, verificou-se haver referências a exigências de qualidade aplicáveis a estes produtos, em normas americanas [15,16], e espanholas [17].

Com base nestes betumes insuflados tradicionais, surgiram as telas e os feltros betuminosos, com larga aplicação, na década de 60. Estes produtos são materiais prefabricados, constituídos por uma ou duas armaduras, de tela ou de feltro, por misturas betuminosas que envolvem as armaduras e por materiais de acabamento. Actualmente já praticamente não se utilizam, ou têm uma aplicação reduzida.

Na década de 70, começaram a ser utilizadas as armaduras em feltros de poliéster. Com essas telas e feltros betuminosos tradicionais surgiram os sistemas de camadas múltiplas coladas entre si com betume insuflado quente, fundido no local da obra.

No quadro a seguir, apresentamos, em síntese, os materiais tradicionais, geralmente utilizados na impermeabilização de coberturas em terraço.

Quadro 3.1 – Materiais tradicionais utilizados na impermeabilização de coberturas em terraço.

Materiais Tradicionais	Materiais betuminosos	Betume asfáltico	
		Asfalto	
		Alcatrão e bréus de alcatrão de hulha	
	Materiais auxiliares	Armaduras	Feltros Telas Folhas
		Matérias minerais	Cargas Acabamentos
		Materiais metálicos	Folhas
	Produtos elaborados	Emulsões betuminosas Pinturas betuminosas Produtos betuminosos modificados Ligantes Cimento vulcânico	
		Armaduras saturadas ou impregnadas	Feltros betuminosos Telas betuminosas
	Produtos Pré fabricados	Membranas betuminosas	Armadas com feltro Armadas com tela Armadas com folha

Um dos critérios correntemente utilizado para definir as exigências a satisfazer pelos sistemas de impermeabilização, com base nestas membranas prefabricadas, consiste na especificação do número de camadas a aplicar e na massa total por unidade de superfície desses materiais. Está relacionado com a função do suporte, da pendente ou da acessibilidade da cobertura, bem como do modo de ligação do revestimento ao suporte.

Segundo a documentação normativa francesa e belga [18,19], a massa por unidade de superfície, desse produto, não deve ser inferior a $1,0 \text{ kg/m}^2$, devendo a média ser $1,2 \text{ kg/m}^2$ [18,20].

Em função de diferentes factores, nomeadamente da acessibilidade da cobertura, as soluções vulgarmente utilizadas na impermeabilização de coberturas em terraço eram constituídas por dois ou três feltros betuminosos tradicionais. Constatou-se que existiram casos com apenas um feltro betuminoso, algumas vezes de massa por unidade de superfície reduzida, que foram debilitando o processo de impermeabilização, ou seja, perda de estanquidade à água.

Em relação aos processos de ligação destes revestimentos ao suporte, podem utilizar-se as técnicas correntes relativas à sua aplicação, como sistemas aderentes, semi-aderentes e independentes. O quadro 3.2, a seguir, identifica os sistemas tradicionais de impermeabilização de coberturas

Quadro 3.2 – Sistemas tradicionais de impermeabilização de coberturas

Sistemas tradicionais	Aplicados “in situ”	Camadas múltiplas de resinas de asfalto Camadas múltiplas de emulsões betuminosas
	Com produtos prefabricados	Camadas múltiplas de membranas Telas ou feltros betuminosos

Estes sistemas, embora integrem ainda soluções de impermeabilização de coberturas em terraço, são hoje menos aplicados no sistema construtivo. São basicamente utilizados em obras de reduzida dimensão ou importância, em determinados pontos singulares.

3.1.2 SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO NÃO-TRADICIONAIS APLICADOS “IN SITU”

Os sistemas de revestimentos não-tradicionais são aqueles em que a caracterização e a definição do seu campo de aplicação são feitas através de estudos que envolvem

experimentação, análise do material, em obra, porque são fruto da evolução e investigação tecnológica. Do ponto de vista normativo, assumem particular importância as directrizes gerais da UEATC [23] publicadas em 1982 e outras directrizes publicadas posteriormente, relativamente a cada tipo de material e sistema. O Comité Europeu de Normalização criou a CT 254 e publicou entre Agosto de 1999 e Março de 2000 mais de uma dezena de Normas Europeias.

Os materiais apresentam-se em um ou dois componentes e são aplicados na cobertura sob a forma líquida ou pastosa. A garantia da estanquidade à água dos sistemas por eles formados e a satisfação das exigências funcionais verificam-se após o seu endurecimento ou cura. Esta é realizada, no caso de produtos de um só componente, por evaporação do solvente ou através de reacções químicas, e no caso de produtos de dois componentes, apenas pelo último processo. Neste caso, a cura começa imediatamente depois da mistura dos dois componentes.

Os sistemas de impermeabilização poderão integrar ou não, além desses produtos, armaduras diversas, nomeadamente com diferentes funcionalidades.

Apesar da sua natureza diversa, os produtos líquidos ou em pasta utilizados na preparação de sistemas não-tradicionais aplicados “in situ” têm geralmente, como base, uma resina, sendo correntes as de polietileno clorossulfonado, de policloropreno, de poliuretano, de poliéster não-saturadas, epoxídicas, vinílicas e acrílicas. Além destas resinas, existem outros produtos líquidos não-tradicionais que incorporam materiais betuminosos. Na década de 80, surgiram as primeiras membranas betuminosas modificadas. Inicialmente, o polímero incorporado na mistura betuminosa começou por ser o polipropileno atáctico (APP), sendo posteriormente, nos finais dos anos 80, a ser também usado o estileno-butadieno-estireno (SBS).

As resinas mais usuais, segundo Griffin [24], são de Polietileno, clorosulfonado e de policloropreno, as quais são aplicadas separadamente em duas camadas sucessivas, formando o sistema de impermeabilização.

Os principais materiais não tradicionais, utilizados na impermeabilização de coberturas em terraço podem ser classificados, de acordo com o seguinte quadro.

Quadro 3.3 – Materiais não tradicionais de impermeabilização de coberturas

Materiais não tradicionais	Produtos em pasta	Emulsões modificadas	
		Materiais plásticos	Termoplásticos
			Termoendurecidos
		Resinas diversas	Polietileno clorosulfonado Poliuterano Acrílicas e silicónicas Poliester
	Produtos prefabricados	Membranas de betumes modificados	
		Membranas termoplásticas	
		Membranas elastoméricas	

Os sistemas de impermeabilização que utilizam os produtos acima referidos resultam, em geral, da aplicação de mais de uma camada desses produtos líquidos ou em pasta, intercalados ou não por armaduras. A espessura total do sistema é reduzida, 2mm a 3mm. Em muitos casos, os revestimentos são armados apenas com uma armadura, sendo corrente, o uso de feltros de poliéster não-tecidos, com massas por unidade de superfície de 110g/m^2 e 145g/m^2 [25,26], especialmente nos sistemas com base em resinas de poliéster e de betume modificado. Nos sistemas com base em resinas de poliuterano ou em emulsões acrílicas, são também usadas armaduras de tecido de poliamida ou de poliester e de fibra de vidro [27]. É necessário também conhecer o número de demãos preconizadas e a cor do produto.

Relativamente ao campo de aplicação, podem ser aplicados como revestimentos de reparação de impermeabilização de coberturas, revestimentos de impermeabilização novos, de coberturas de acessibilidade limitada [28] ou acessíveis à circulação de pessoas, como também, à circulação de veículos automóveis [27,28].

A aplicação dos produtos líquidos ou em pasta pode ser manual, utilizando trinchas, escovas, rolos, talochas e rodos dentados, ou mecanicamente com pistolas de ar apropriadas. A figura 3.1 evidencia uma cobertura em terraço, onde foram aplicados os materiais não tradicionais.



Fig. 3.1 – Imagem de uma cobertura impermeabilizada com sistema ‘não tradicional’

A armadura, quando única, é geralmente aplicada sobre a primeira camada do revestimento, ainda fluida. Em alguns casos, é aplicada directamente sobre o suporte, através da aplicação da primeira camada, envolvendo-se a armadura pelo líquido ou pasta. Um dos principais cuidados, na aplicação do produto, é garantir a sua uniformidade de modo a manter-se uma película com espessura idêntica, em toda a superfície, como também a cura do revestimento, nas regiões de pluviosidade incerta.

Estes sistemas apresentam muitas vantagens, entre as quais, salientamos a sua simplicidade nas reparações, a qual consiste, em geral, na simples deposição de novo produto na zona afectada. Quando os produtos são aplicados, à pistola, deve ter-se em atenção o estado de movimento do ar na zona de aplicação, para garantir a menor dispersão do produto pulverizado.

Quanto à sua constituição, tendo subjacente a aplicação e associação dos materiais não tradicionais, podemos classificar os sistemas de impermeabilização, de acordo, com o quadro seguinte:

Quadro 3.4 – Sistemas não tradicionais de impermeabilização de coberturas

Sistemas não tradicionais	Aplicados “in situ”	Camadas múltiplas de resinas acrílicas Camadas múltiplas de resinas poliméricas Camadas múltiplas de emulsões de betumes modificados Espumas de poliuretano
	Com produtos prefabricados	Membranas de betumes modificados Membranas termoplásticas Membranas elastoméricas

Segundo Lopes e Santos [29], são estes os sistemas de impermeabilização mais utilizados, em Portugal, continuando-se ainda a utilizar, embora em menor escala, as telas e os feltros betuminosos tradicionais. Na realidade, em finais dos anos 80 e princípio dos anos 90, começaram a surgir com alguma frequência soluções de impermeabilização com base em membranas de PVC e, mais recentemente, membranas de EPDM, de ECB e de PIB. Todas estas soluções utilizam membranas com espessuras correntes de 1,2 a 1,5 mm.

3.2 CARACTERÍSTICAS DAS MEMBRANAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE COBERTURAS EM TERRAÇO

3.2.1 MEMBRANAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

As membranas de impermeabilização eventualmente utilizadas nos sistemas de impermeabilização de coberturas em terraço são as de betumes-polímeros, as termoplásticas e as elastoméricas [9].

As membranas de **betumes-polímeros** são constituídas por uma mistura betuminosa modificada por uma resina, plastomérica ou elastomérica. São as chamadas membranas de betume –polímero APP e SBS.

As membranas de natureza **termoplástica** mais conhecidas são as de PVC plastificado e as de mais recente divulgação são as de poliolefinas (TPO ou FPO).

Nas membranas **elastoméricas**, incluem-se as vulcanizadas e as não vulcanizadas. Nestas últimas, poderá ocorrer um processo de cura de características semelhantes à vulcanização, após aplicação em obra [44]. Entre as membranas vulcanizadas em fábrica, temos as de EPDM (monómero de etileno-propileno-dieno) e as de borracha butílica. Nas não vulcanizadas, em fábrica, referem-se as de polietileno clorado (CPE) e as poli-isobutileno (PIB).

Segundo um inquérito, publicado em 1987, realizado pelo CIB/RILEM [44,45], em 14 países, sobre a utilização das membranas referidas, em coberturas de terraços, verificamos que as mais aplicadas são as membranas de betumes-polímeros.

Na generalidade dos países envolvidos, no inquérito, ressalta a maior utilização da membrana de betumes-polímeros, em relação às membranas termoplásticas e elastoméricas.

Em Portugal, não se conhecem valores, mas segundo informação sobre as aplicações dos revestimentos impermeabilização em coberturas, procedentes de visitas realizadas a obras, como também de fabricantes, a mais utilizada é também a membrana de betumes-polímeros.

3.2.2 MEMBRANAS DE BETUME-POLÍMERO “APP E SBS”

As membranas de betumes-polímeros APP e SBS são obtidas por recobrimento de uma ou duas armaduras com uma mistura betuminosa modificada à qual foi acrescentada polímero de polipropileno atático, no caso das APP, ou polímero de estireno-butadieno-estireno, no caso das SBS [9].

O fabrico das membranas de betume-polímero faz-se de modo semelhante ao das telas dos feltros betuminosos tradicionais, com excepção da preparação modificada, que precisa dum controlo mais apertado da regulação da temperatura a que é misturada [46]. Esta varia de caso em caso, estando compreendida entre 180°C e 200°C [47 a 51].

As armaduras utilizadas nas membranas betume-polímero APP e SBS são geralmente feltros de poliéster ou de fibras de vidro, podendo aqueles dois tipos de armadura ser integrados numa mesma membrana.

As membranas de betume-polímero têm sido integradas em sistemas aderentes, semi-aderentes e independentes de suporte. Podem ser de uma única camada ou de múltiplas camadas. No entanto, é mais comum a aplicação das membranas APP em camada única [48,49, 54 e 55] e das membranas SBS em dupla camada [50,56].

Em relação à pendente, não se considera recomendável o uso de sistemas de camada única em cobertura em terraço, com pendentes nulas [9].

Nas coberturas acessíveis, devem ser aplicadas sempre duas membranas, sendo, pelo menos, uma armada com feltro de poliéster. As figuras seguintes 3.2 e 3.3 representam respectivamente um sistema de camada única e dupla.

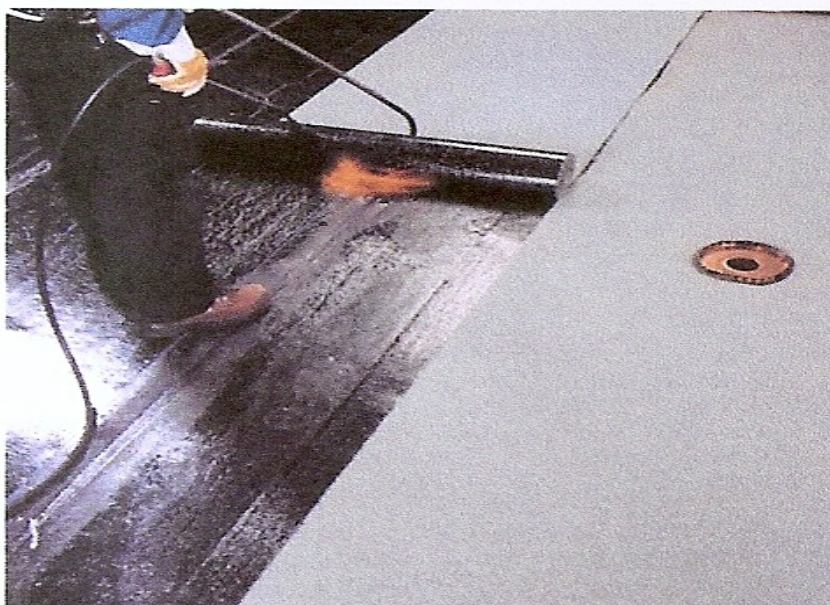


Fig. 3.2 - Sistema de camada simples [70]



Fig. 3.3 - Aplicação da segunda camada de um sistema de camada dupla [70]

Segundo estudos efectuados sobre os vários tipos de problemas que ocorrem em sistemas de impermeabilização de camada única, constatou-se que os mais comuns se relacionam com um deficiente comportamento das juntas de sobreposição das membranas [57]. Segundo vários autores [58], os factores que condicionam o comportamento das juntas, entre duas membranas de impermeabilização, estão relacionados com a própria natureza das membranas, com a execução das juntas, como também com as condições ambientais a que os sistemas estão sujeitos.

Tendo subjacente um subprojecto de revestimentos, coordenado por Grácio [53], os quadros seguintes 3.5 e 3.6 apresentam as características das membranas de betume polímero APP e SBS.

Quadro 3.5 – Características da membrana Betume Polímero APP

Características da membrana Betume Polímero APP	
Fabrico	Recobrimento de 1 ou 2 armaduras com uma mistura betuminosa (de destilação directa) modificada por incorporação de 1 resina plastomérica (polipropileno atáctico)
Armaduras	Polietileno; feltros de fibra de vidro ou de poliéster
Massa volúmica [g/cm ³]	± 1.0
Espessura nominal [mm]	3.0 – 5.0
Massas nominais [kg/m ²]	3.0 – 5.0
Resistência à tracção [N]	Direcção longitudinal: 550 – 1159 Direcção transversal: 410 - 935
Alongamento na rotura [%]	Direcção longitudinal: 10 – 72 Direcção transversal: 10 - 67
Resistência ao rasgamento [N]	Direcção longitudinal: 105 - 330 Direcção transversal: 131 - 350
Estabilidade dimensional ao calor	Deformações ± 0,5%
Flexibilidade a baixa temperatura ⁽¹⁾	-20°C a -10°C
Comportamento ao calor ⁽²⁾	120°C – 165°C
Campo de aplicação	Sistemas aderentes, semi-aderentes ou independentes do suporte. Sistemas de camada única

(1) temperatura acima da qual não ocorre fissuração

(2) temperatura abaixo da qual não ocorre escorrimento

Quadro 3.6 – Características da membrana Betume Polímero SBS.

Características da membrana Betume Polímero SBS	
Fabrico	Recobrimento de 1 ou 2 armaduras com uma mistura betuminosa (de destilação directa) modificada por incorporação de 1 resina elastomérica (estileno-butadieno-estireno)
Armaduras	Polietileno; feltros de fibra de vidro ou de poliéster
Massa volúmica [g/cm ³]	-
Espessura nominal [mm]	2.0 – 5.0
Massas nominais [kg/m ²]	1.75 – 5.5
Resistência à tracção [N]	Direcção longitudinal: 240 – 1108 Direcção transversal: 334 - 982
Alongamento na rotura [%]	Direcção longitudinal: 2.9 – 71 Direcção transversal: 2.8 - 75
Resistência ao rasgamento [N]	Direcção longitudinal: 80 - 450 Direcção transversal: 100 - 435
Estabilidade dimensional ao calor	Deformações ± 0,5%
Flexibilidade a baixa temperatura ⁽¹⁾	-30°C a -15°C
Comportamento ao calor ⁽²⁾	95°C – 135°C
Campo de aplicação	Sistemas aderentes, semi-aderentes ou independentes do suporte. Sistemas de camada dupla

(1) temperatura acima da qual não ocorre fissuração

(2) temperatura abaixo da qual não ocorre escorrimento

Comparando os quadros 3.5 e 3.6, verificamos algumas diferenças entre as principais características das membranas de betume-polímero APP e SBS, nomeadamente, ao nível das suas características dimensionais, mecânicas (resistência à tracção,

alongamento na rotura e resistência ao rasgamento), comportamento ao calor, flexibilidade a baixa temperatura e campo de aplicação.

As membranas de impermeabilização devem satisfazer as especificações técnicas europeias [59 a 61] e as Directivas ou Guias da UEAtc aplicáveis [62 a 64].

No quadro nº 3.7, registam-se algumas características das membranas betuminosas associadas à marca CE [52].

Quadro 3.7– Características das membranas betuminosas associadas à marca CE

Características essenciais		Método de ensaio	Expressão dos resultados	Valores declarados pelo fabricante
Desempenho ao fogo exterior		ENV 1187	Classes	DND ⁽⁴⁾
Reacção ao fogo		De acordo com as EN aplicáveis8	Euroclasses	Classe F
Estanquidade à água		NP EN 1928	Estanque ou não	Estanque
Força máxima em tracção		NP EN 12311-1	MDV ± t ⁽¹⁾ (N)	≥ 300 / ≥ 200 ^(3, 6) 700 ± 140/ 350 ± 70 ^(3, 7) 800 ± 160 / 500 ± 100 ^(3, 8)
Extensão na força máxima				DND ⁽⁶⁾ 30 ± 5 / 30 ± 5 ^(3, 7) 33 ± 5 / 35 ± 5 ^(3, 8)
Resistência à acção das raízes		prEN 13948	Membrana resistente à acção das raízes	DND ⁽⁵⁾
Resistência a cargas estáticas		NP EN 12730 método A	MLV ⁽²⁾ (Kg)	Ausência de perfuração para cargas ≤ 5, 20, 20 e 20 Kg ⁽⁹⁾
Resistência ao choque		NP EN 12691 método A	MLV (mm)	Ausência de perfuração para alturas de queda ≤ 600, 1250, 1750 e 1250 mm ⁽⁹⁾
Resistência ao rasgamento		NP EN 12310-1	MDV ± t (N)	DND ^(4,5)
Resistência das juntas		NP EN 12316-1 e 12317-1	MDV ± t (N)	DND ^(4,5)
Durabilidade (acção do calor)	Flexibilidade a baixa temperatura	Aplicável apenas à membrana POLYXIS R40 do sistema com protecção leve	MDV ± t (°C)	DND ⁽⁴⁾
	Escorrimento com o calor		MDV ± t (°C)	DND ⁽⁴⁾
Flexibilidade à dobragem		NP EN 1109	MLV (°C)	Ausência de fissuração para temperaturas ≥ -5 °C
Resistência ao escorrimento a elevada temperatura		NP EN 1110	MLV (°C)	Ausência de escorrimento para temperaturas ≤ 120 °C
Substâncias perigosas		-	Existência de produtos nocivos	As membranas não contêm amianto nem derivados de alcatrão de hulha

1 – MDV – valor declarado pelo fabricante associado à respectiva tolerância t

2 – MLV – valor limite (inferior ou superior) declarado pelo fabricante

3 – Valores respectivamente na direcção longitudinal e transversal da membrana

4 – DND Desempenho não determinado

5 – Característica não relevante

6 – Aplicável à membrana POLYPLAS 30

7 – Aplicável às membranas POLIXIS R40 e POLYSTER40

8 – Aplicável à membrana POLYSTER 40T

9 – Aplicável respectivamente às membranas POLYPLAS 30 , POLYXIS R40, POLYSTER 40 e POLYSTER 40T

3.2.3 MEMBRANAS DE PVC PLASTIFICADO

Estas membranas [9,65] são constituídas por resina de policloreto de vinilo, plastificantes, estabilizantes, pigmentos e cargas, podendo ou não ser armadas. Quando é incorporada uma armadura, esta ou é de poliéster ou de fibra de vidro. A existência da armadura vai minimizar as retracções das respectivas membranas, devido à perda de plastificantes. Além disso, as variações dimensionais devidas à acção do calor são bastante menores no caso das membranas armadas.

Os plastificantes constituem um dos principais componentes da mistura de PVC e podem variar entre 30 a 40%, quando as membranas são obtidas por calandragem ou laminagem e cerca de 20% para membranas obtidas por extrusão. A ausência de plastificantes torna as membranas muito rígidas e pouco dúcteis, sem flexibilidade suficiente para as aplicações como revestimento de impermeabilização de coberturas.

Os estabilizantes também são componentes importantes na mistura de PVC, por evitarem a perda dos plastificantes e assim contribuírem para a estabilidade dos constituintes e das características fundamentais destas membranas.

Estudos efectuados sobre estas membranas de PVC plastificado [9,65], com diferentes tipos de plastificantes e estabilizadores, chegaram às seguintes conclusões:

A água não tem uma acção relevante na extracção do plastificante. Quando este é volátil, o seu teor sofre reduções acentuadas em curtos períodos de tempo após a acção do calor, mesmo para temperaturas de condicionamento baixas. Qualquer que seja o tipo de plastificante, verifica-se uma diminuição do alongamento na rotura e um aumento do módulo de elasticidade com o tempo de condicionamento em estufa. A acção do calor sobre as membranas de PVC conduz a uma perda significativa da sua massa, entre 35 e 75% para variações de temperatura entre 50 e 360°C.

Na generalidade das membranas, as características da resina de PVC não são muito afectadas pela acção da radiação ultravioleta, existindo, contudo uma maior sensibilidade à degradação das membranas de cor branca. Os mecanismos de degradação nas membranas de PVC, quando submetidas à acção do calor em estufa ventilada a 70°C, são bastante semelhantes aos que ocorrem nas membranas em exposição natural.

O envelhecimento natural das membranas de PVC não afecta as características da resina de PVC. O envelhecimento natural nota-se menos nas membranas armadas com armaduras de poliéster.

Considerando o estudo [53], podemos ver, no quadro 3.8, as características das membranas de PVC plastificado.

Quadro 3.8 – Características da membrana PVC plastificado

Características da membrana PVC Plastificado	
Fabrico	Fabricadas por calandragem, laminação ou extrusão. Componentes: policloreto de vinilo, plastificantes, estabilizantes, pigmentos e cargas.
Armaduras	Poliéster e fibra de vidro
Massa volúmica [g/cm ³]	1,25 – 1.35-
Espessura nominal [mm]	1.2 – 1.50
Massas nominais [kg/m ²]	1.6 – 2.0
Resistência à tracção [N]	11.5 – 24.3 [N/mm ²]
Alongamento na rotura [%]	10 - 368
Resistência ao rasgamento [N]	14.2 – 26.5 [N/mm]
Estabilidade dimensional ao calor	5% em membranas não armadas -0,6% a +0,34% em membranas não armadas
Flexibilidade a baixa temperatura ⁽¹⁾	-
Comportamento ao calor ⁽²⁾	-
Campo de aplicação	Sistemas de camada única em coberturas de acessibilidade limitada. Independentes do suporte ou a ele fixos mecanicamente. Incompatibilidade com suportes em poliuretano ou poliestireno expandido

(1) temperatura acima da qual não ocorre fissuração

(2) temperatura abaixo da qual não ocorre escorrimento

Relativamente ao campo de aplicação, como referimos, no quadro 3.8, as membranas de PVC plastificado utilizam-se em sistemas de camada única, geralmente independentes do suporte ou a ele fixos mecanicamente, em coberturas de acessibilidade limitada.

Nos sistemas de fixação mecânica, as armaduras utilizadas são de poliéster e fibra de vidro. Em relação aos suportes, não deve haver contacto directo entre as membranas de PVC e suportes de poliuretano ou de poliestireno expandido [65].

3.2.4 MEMBRANAS DE EPDM

As membranas de EPDM [65] são constituídas por laminagem e calandragem da mistura de monómero de etileno-propileno-dieno com aditivos diversos, tais como cargas, agentes de vulcanização e óleos [10]. Em determinadas misturas, incorporam-se também como aditivos produtos que melhoram o comportamento das respectivas membranas à acção do fogo (retardadores de fogo).

Estas membranas podem ou não ser armadas. As armaduras mais utilizadas são de poliéster, mas também podem ser utilizadas as de poliamida.

Para evitar a aderência das superfícies das membranas durante o enrolamento, é vulgar a colocação de talco ou de mica.

Os sistemas de impermeabilização com membranas desta natureza podem ser totalmente aderentes, independentes ou fixados mecanicamente ao suporte. Em qualquer das situações, após o desenrolamento, as membranas devem manter-se em repouso cerca de 30 minutos para que se dissipe o estado de deformação a que estiveram submetidas enquanto enroladas.

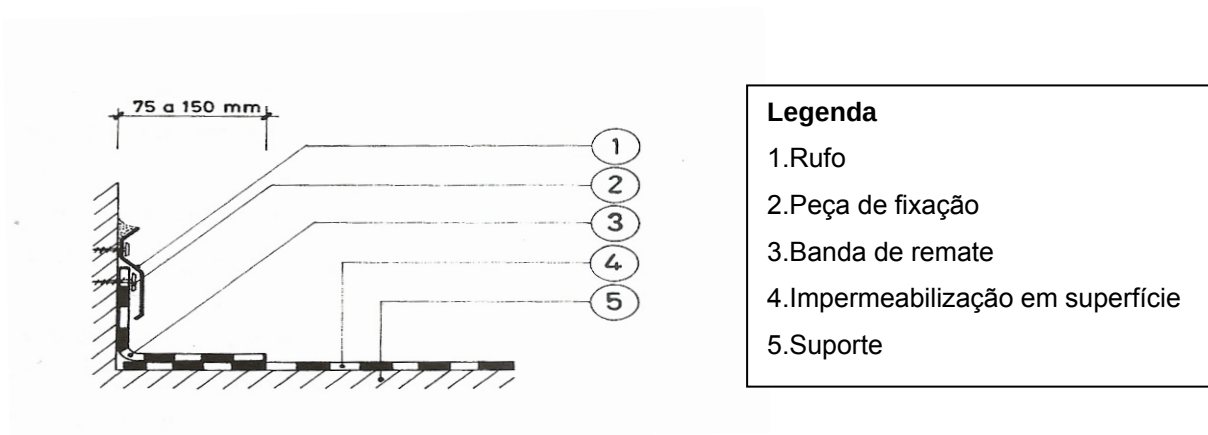


Fig. 3.4 - Esquema de remate com parede emergente dum revestimento com base em membranas de EPDM [9]

Tendo por base o estudo [53], podemos ver, no quadro 3.9, as características das membranas de EPM.

Quadro 3.9 – Características da membrana EPM

Características da membrana EPM	
Fabrico	Obtidas por laminação e calandragem da mistura do monómero de etileno-propileno-dieno com aditivos diversos, seguido de vulcanização.
Armaduras	Poliéster ou poliamida (nylon)
Massa volúmica [g/cm ³]	
Espessura nominal [mm]	1.1– 2.3-
Massas nominais [kg/m ²]	1.2 – 2.7
Resistência à tracção [N]	Direcção longitudinal: 7.8 – 12.8 [N/mm ²] Direcção transversal: 7.7 – 12.8 [N/mm ²]
Alongamento na rotura [%]	Direcção longitudinal: 25 – 510 Direcção transversal: 267 - 481
Resistência ao rasgamento [N]	Direcção longitudinal: 3.6 – 11.7 [N/mm] Direcção transversal: 4.8 – 14.6 [N/mm]
Estabilidade dimensional ao calor	De -2.23% a +0.2% em membranas não armadas -0.04% a +0.03 em membranas armadas
Flexibilidade a baixa temperatura ⁽¹⁾	-
Comportamento ao calor ⁽²⁾	-
Campo de aplicação	Coberturas de acessibilidade limitada e trabalhos de reparação ou de manutenção. Incompatibilidade com suportes em poliestireno, perlite, produtos betuminosos ou óleos.

(1) temperatura acima da qual não ocorre fissuração

(2) temperatura abaixo da qual não ocorre escorrimento

Como nos refere o quadro 3.9, estes revestimentos aplicam-se em coberturas de acessibilidade limitada, em trabalhos de manutenção e de reparação.

É fundamental ter em conta a compatibilidade química entre o suporte e os produtos de colagem da membrana EPDM. Devem interpor-se uma barreira (por exemplo, um feltro de poliéster de 150g/m²) entre a membrana e o suporte, quando este for constituído por placas de poliestireno ou de perlite expandida, ou quando houver possibilidade de contacto da membrana com produtos betuminosos ou óleos.

3.2.5 MEMBRANAS DE BORRACHA BUTÍLICA

As membranas de borracha butílica [9,65] são obtidas pela copolimerização do isobutileno, por acção do isopreno, cuja quantidade na mistura é apenas cerca de 1 a 2%, sendo este componente o responsável por uma fácil vulcanização. Entram também na mistura percentagens reduzidas de outros componentes: EPDM, negro de fino e aceleradores de vulcanização.

Apesar de haver membranas de borracha butílica armadas, a maioria das aplicadas em coberturas é não armada. A armadura contribui para a estabilidade dimensional e para o aumento da resistência a esforços mecânicos.

Como referimos no quadro 3.10, os sistemas de impermeabilização com base nas membranas de borracha butílica podem ser de todos os tipos: totalmente aderentes, semi-aderentes, independentes ou fixados mecanicamente ao suporte, geralmente aplicados em camada única.

Os suportes para este tipo de membranas não estão sujeitos a restrições.

Considerando o estudo [53], podemos ver, no quadro 3.10, as características das membranas de borracha butílica.

Quadro 3.10 – Características da membrana de borracha butílica

Características da membrana de borracha butílica	
Fabrico	Obtidas por copolimerização do isobutileno, por acção do isopreno. Laminagem e calandragem seguida de vulcanização.
Armaduras	Não corrente
Massa volúmica [g/cm ³]	
Espessura nominal [mm]	1.5 – 2.0- (espessuras inferiores sem capacidade de impermeabilização)
Massas nominais [kg/m ²]	
Resistência à tracção [N]	6.7 – 9.0 [MPa]
Alongamento na rotura [%]	400 - 814
Resistência ao rasgamento [N]	
Estabilidade dimensional ao calor	Entre -0.89 e -0.29
Flexibilidade a baixa temperatura ⁽¹⁾	-
Comportamento ao calor ⁽²⁾	-
Campo de aplicação	Sistemas aderentes, semi-aderentes, independentes e por fixação mecânica. Camada única.

(1) temperatura acima da qual não ocorre fissuração

(2) temperatura abaixo da qual não ocorre escorrimento

Os principais produtos que provocam alterações significativas nas propriedades destas membranas são a gasolina e os solventes aromáticos.

3.2.6 MEMBRANAS DE POLI-ISOBUTILENO (PIB)

Estas membranas [65] são constituídas por uma mistura de poli-isobutileno (com peso molecular elevado), cargas minerais e aditivos (como negro de fumo).

Segundo o estudo [53], podemos ver, no quadro 3.11, as características das membranas de borracha butílica.

Quadro 3.11 – Características da membrana de poli-isobutileno (PIB)

Características da membrana de poli-isobutileno	
Fabrico	Obtidas por extrusão, após mistura e homogeneização das matérias primas (poli-isobutileno, cargas minerais e aditivos).
Armaduras	Armadura revestindo a sua superfície inferior (poliéster)
Massa volúmica [g/cm ³]	1,6
Espessura nominal [mm]	1.5 – 2.5
Massas nominais [kg/m ²]	2.36 – 3.28
Resistência à tracção [N]	Direcção longitudinal: 3.5 – 4.5 [N/mm ²] Direcção transversal: 3.2 – 4.3 [N/mm ²]
Alongamento na rotura [%]	Direcção longitudinal: 66 – 520 Direcção transversal: 79 - 599
Resistência ao rasgamento [N]	
Estabilidade dimensional ao calor	< 1
Flexibilidade a baixa temperatura ⁽¹⁾	-
Comportamento ao calor ⁽²⁾	-
Campo de aplicação	Coberturas de acessibilidade limitada.

(1) temperatura acima da qual não ocorre fissuração

(2) temperatura abaixo da qual não ocorre escorrimento

Geralmente, estas membranas não são armadas, existindo no entanto algumas integrando armaduras de poliéster coladas à sua superfície inferior. Quando existem, estas armaduras têm uma largura inferior em cerca de 50 mm à largura de respectiva membrana.

Assim, fica uma faixa longitudinal junto a um dos bordos onde é colocada uma banda autocolante que vai permitir a realização das juntas de sobreposição, em obra. A figura 3.6 apresenta um esquema de um remate com uma parede emergente de cobertura com membrana

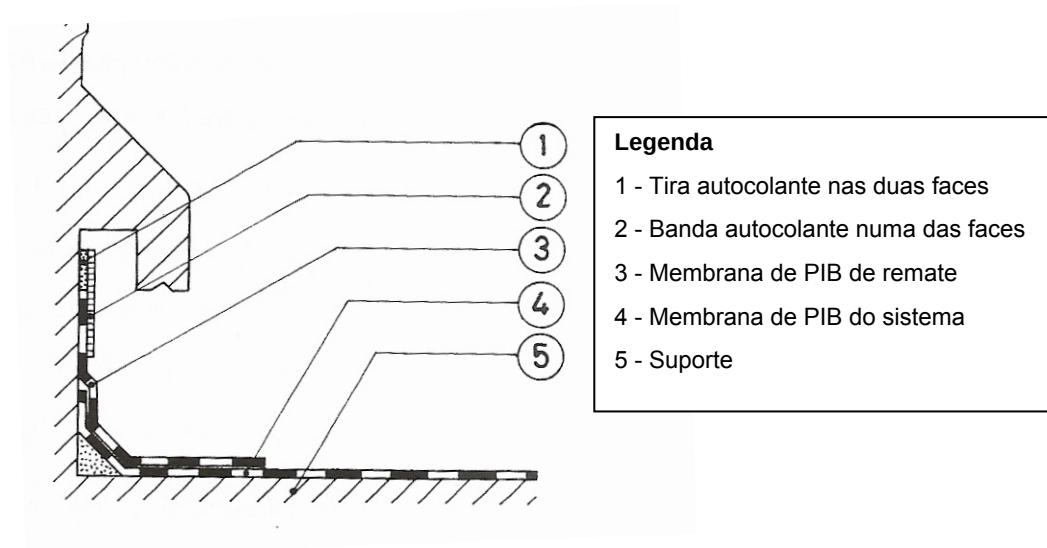


Fig 35 - Esquema de um remate com uma parede emergente de cobertura com membrana de PIB [9]

Os sistemas de impermeabilização constituídos por membranas PIB podem ser aplicados em sistemas aderentes, semi-aderentes ou independentes. A aplicação destes sistemas é feita geralmente apenas em coberturas de acessibilidade limitada.

A escolha dos produtos de colagem é também, neste caso, em função do tipo de suporte. Estas membranas podem ser aplicadas sem camada de protecção (excepto se o sistema for independente, o que requer protecção pesada). Existem soluções com protecção leve com base em pinturas da mesma natureza que as membranas que, para além da função estética, também têm função reflectora, caso sejam de cor clara.

3.2.7 MEMBRANAS DE POLIETILENO (CPE)

Estas membranas são constituídas por uma mistura de polietileno de alta densidade (após ter sido previamente clorado), aditivos, estabilizantes e anti-oxidantes.

As armaduras das membranas, quando incorporadas, são, normalmente, um feltro de poliéster não tecido. Quando as membranas são colocadas sobre suportes irregulares, devem levar também um feltro de poliéster como acabamento inferior.

No campo da aplicação, a ligação destas membranas ao suporte é realizada por fixação mecânica, não se conhecendo soluções de sistemas aderentes ou semi-aderentes.

As juntas das membranas acabadas inferiormente com um material resiliente não são realizadas por sobreposição das membranas. São realizadas encostando-se topo-a-topo os bordos transversais das membranas e recobrindo-se a junta com uma faixa de membrana de CPE [9], como demonstra a figura 3.6.

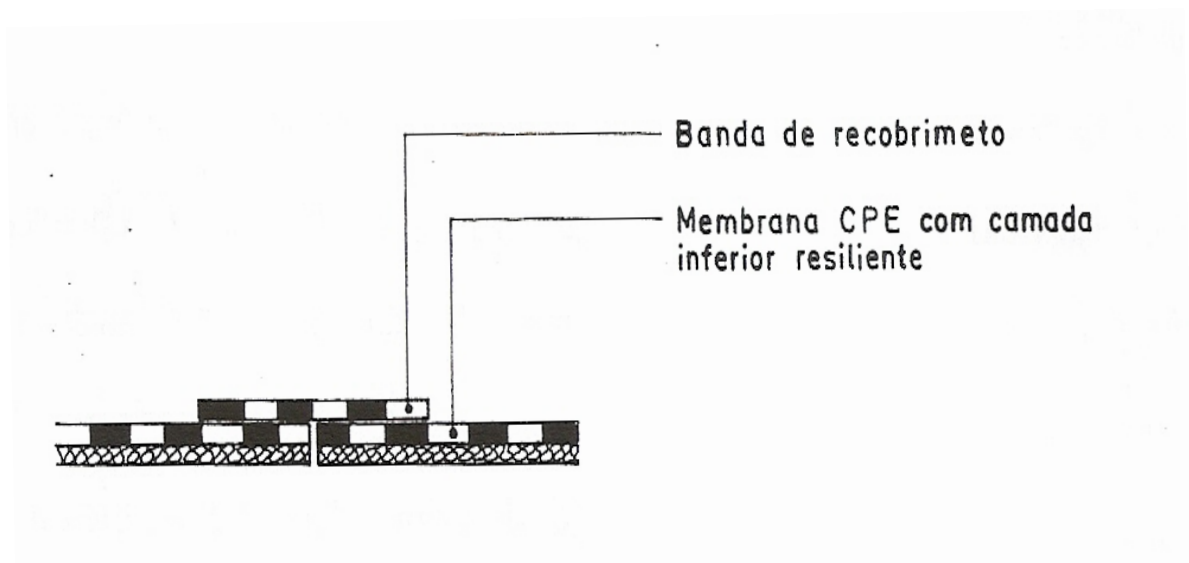


Fig. 3.6 - Esquema duma junta transversal entre membranas com acabamento inferior resiliente [9]

Tendo por base o estudo [53], podemos ver, no quadro 3.12, as características de membranas de Polietileno (CPE).

Quadro 3.12 – Características da membrana de Polietileno (CPE)

Características da membrana de Polietileno (CPE)	
Fabrico	Obtidas por calandragem e laminagem da mistura das matérias primas (resina de polietileno de alta densidade, estabilizantes e anti-oxidantes)
Armaduras	Feltro de poliéster não-tecido
Massa volúmica [g/cm ³]	
Espessura nominal [mm]	1.2 – 1.8
Massas nominais [kg/m ²]	
Resistência à tracção [N]	20 [N/mm ²]
Alongamento na rotura [%]	
Resistência ao rasgamento [N]	220
Estabilidade dimensional ao calor	
Flexibilidade a baixa temperatura ⁽¹⁾	--25°C
Comportamento ao calor ⁽²⁾	
Campo de aplicação	Incompatibilidade com solventes orgânicos e PVC plastificado

(1) temperatura acima da qual não ocorre fissuração

(2) temperatura abaixo da qual não ocorre escorrimento

São diversas as opções para os sistemas de impermeabilização de coberturas em terraço, variando quanto ao modo de ligação da membrana ao suporte, quanto à

constituição por uma ou várias camadas de membranas e quanto à acessibilidade da cobertura.

É fundamental conhecer-se as principais características e o campo de aplicação das membranas para que conduza a um bom desempenho do sistema.

Em suma, foram identificadas várias soluções tecnológicas disponíveis, tradicionais e não tradicionais, mais ou menos usuais, no nosso País.

Vamos, no capítulo a seguir, escolher como objecto de estudo aprofundado duas soluções diferentes para a reabilitação de impermeabilização de coberturas planas.

4 - Soluções de Reabilitação da Impermeabilização de Coberturas Planas

4.1 INTRODUÇÃO

A escolha da solução mais adequada depende do estado de conservação dos elementos existentes e de outras condicionantes de natureza técnica ou económica. Nas patologias originadas pelas infiltrações ou condensações, pelas fendilhações, pelos descolamentos ou outras degradações, é necessário que estas anomalias sejam previamente corrigidas e eliminadas as suas causas.

Nos casos em que se verifique a presença de água, motivada pelas infiltrações ou condensações, os trabalhos de reabilitação só devem ser efectuados, após a secagem dos elementos afectados. Quando um isolante térmico é afectado pela humidade ou água, geralmente, é necessária a sua remoção e substituição.

Quando é mantido o sistema existente, e se optar por um sistema diferente, é preciso ter cuidado com a incompatibilidade eventual entre diferentes materiais. São conhecidas as incompatibilidades químicas de muitas membranas de PVC plastificado com produtos ou membranas betuminosas, tradicionais ou de betumes-polímeros. Este facto também se coloca entre algumas das outras camadas da cobertura, sobretudo entre a camada de isolamento térmico e do revestimento impermeabilização.

Quando se pretende aumentar a espessura existente, nomeadamente com a colocação de um isolante térmico, ou com a realização de uma camada de forma a corrigir a pendente da cobertura, deve ter-se em atenção a incompatibilidade das novas camadas com alguns pontos singulares da cobertura, como soleiras das portas, platibandas de pequena altura. A solução destas incompatibilidades implica disposições construtivas complementares e adequadas.

A manutenção ou não do revestimento de impermeabilização está também dependente da forma de ligação desse revestimento, ou seja, se é aderente, semi-aderente ou

independente. A fixação mecânica dos revestimentos de impermeabilização é também uma outra solução que actualmente começa a ter uma utilização mais frequente.

Normalmente, a remoção dum sistema aderente ou semi-aderente implica também a remoção da camada subjacente, ou a sua regularização. A necessidade de intervenção na reabilitação da cobertura pode também ocorrer em sistemas independentes, quando essa independência não é garantida. É o que acontece nos sistemas formados por membranas betuminosas, sobretudo nas juntas de sobreposição.

Nas camadas pesadas rígidas não degradadas, é preferível aplicar as soluções de reabilitação, sem a sua remoção, para evitar a deterioração do revestimento de impermeabilização existente.

No caso das protecções móveis existentes, seixo rolado, brita, lajetas, sobre apoios pontuais, é conveniente serem removidas para a reabilitação dos trabalhos, podendo depois ser reutilizadas.

Em função do período de utilização dum sistema de impermeabilização numa cobertura em terraço, ou do seu estado de degradação, pode haver necessidade, ou não, de proceder-se a uma intervenção de manutenção. A escolha das soluções a implementar deve ser feita, com base em critérios adequados ao desempenho, tendo em conta a natureza dos materiais, as exigências funcionais, o conhecimento da solução existente, nomeadamente as anomalias e limitações.

Como já referimos, iremos apresentar duas soluções de reabilitação de coberturas planas, abordando os sistemas de impermeabilização à base de poliuretano e de revestimento cimentício.

São sistemas de impermeabilização com produtos homologados pelo LNEC e organismos idênticos na Europa. Podem ser de um só componente [2,3,4] ou de dois componentes [5].

4.2. SELECÇÃO

Foram estudadas duas soluções diferentes para a reabilitação da impermeabilização de coberturas planas que garantem a sua impermeabilidade e permitem uma intervenção sobre o existente, sem necessidade de demolição, caso não existam aspectos dimensionais ou outros que o impeçam. Estas soluções são sistemas de impermeabilização à base de poliuretano e revestimentos cimentícios.

Seleccionámos estas soluções porque, para além de cumprirem a função de impermeabilização da cobertura, permitem um acabamento contínuo e resistente. A cor clara da sua superfície é também um aspecto importante que assegura uma menor exposição ao choque térmico por via de uma baixa absorção da radiação solar, bem como um melhor comportamento térmico de Verão.

4.3. SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO À BASE DE POLIURETANO

4.3.1 PRIMÁRIO

O primário é um selante à base de poliuretano com solventes, transparente, mono componente de profunda penetração. O primário cria uma elevada resistência à abrasão e impacto, que se prolonga no tempo. Possui suficiente elasticidade para permitir os movimentos superficiais. Possui boa adesão, praticamente, em todos os materiais. A limpeza das superfícies é fundamental para a obtenção de melhores resultados. Cria um escudo contra a humidade, quando aplicado nas paredes e/ou pavimentos.

Impõe-se referir que o primário deve possuir excelente adesão, praticamente em todo o tipo de superfícies absorventes, tais como: betão, betão leve, elementos cerâmicos, madeira. Pode ser utilizado como protecção contra óleos, água e outros líquidos, como também ser utilizado como estabilizador de superfícies antigas de betão. Seca em contacto com a superfície e o ar. No quadro 4.1, podemos ver as características do produto.

Quadro 4.1 – Características do primário

Primário

Propriedade	Resultados	Método
Composição	Poliuretano pré-polímero	
Viscosidade	150 ± 50 map s	Brookfield Viscosimeter
Densidade	1,1 ± 0,1 g/cm ³ (Branco)	ASTM D 1475
Resistência à pressão de água	Não fura à pressão de 7 atm	DIN 1048
Adesão ao betão	28 ± 3 Kp/cm ²	ASTM D 903
Dureza	>95 ± 5	ASTM D 2240
Percentagem de Sólidos	50 ± 2%	Cálculo
Temperatura de aplicação	5°C a 45°C	
Secagem superficial	3 Horas	
Secagem final	48 Horas	

Condições de ensaio: 20°C, 50%HR

Deve-se aplicar a primeira demão deste produto, usando rolo, trincha ou pistola de pressão. Após 2-3 horas – nunca superior a 4 horas – aplicam-se as demãos seguintes dos sistemas de impermeabilização.

É necessário ter cuidado na preparação da superfície para obter resultados duradouros e satisfatórios. A superfície necessita estar limpa, seca e coesa, livre de qualquer contaminação que possa afectar a adesão do produto. As superfícies novas de betão necessitam de secar pelo menos 28 dias. Nos revestimentos antigos, as membranas, a sujidade e as substâncias orgânicas necessitam de ser removidas com máquina abrasiva. Se possível, convém homogeneizar as superfícies irregulares. Qualquer tipo de desagregação da base necessita de ser removida. A humidade elevada pode afectar o acabamento final.

Para melhores resultados, a temperatura, durante a aplicação e cura, deve estar compreendida entre os 10°C e 35°C. As baixas temperaturas retardam a secagem, enquanto as altas temperaturas aceleram a cura do produto.

O primário é eficaz em superfícies absorventes, servindo de suporte para membranas impermeabilizantes de poliuretano. A aplicação é muito simples e pode ser efectuada por não profissionais, utilizando rolo, trincha ou pistola de pressão.

O primário é inflamável. Por isso, não se deve fumar e é conveniente haver ventilação. Os utentes devem usar luvas e óculos para proteger as mãos e os olhos. No caso de contacto do material com os olhos, deve-se aplicar bastante água e contactar um médico. As mãos e o material devem estar bem limpos, antes da aplicação, com produto solvente. É importante consultar e analisar as fichas de segurança.

Este produto é comercializado por várias marcas e/ou empresas, nas seguintes tonalidade: Incolor, ligeiramente amarelado.

4.3.2 MEMBRANA IMPERMEABILIZANTE

A membrana impermeabilizante é líquida, pastosa, permanentemente elástica e mono componente. Aplica-se à temperatura ambiente. Após secagem, forma uma membrana à base de poliuretano impermeabilizante, de longa duração.

O produto, quando aplicado, cria uma membrana impermeabilizante, que protege e mantém a superfície. Permite a transmissão de vapor de água, evitando deste modo a criação de humidade sob a membrana. Possui excelente adesão, praticamente, em todas as superfícies - Acrílicos velhos, Telas betuminosas, Betão, Madeira, Metais, Produtos cerâmicos e outros. Não deve ser diluída com água e não pode ser aplicada em superfícies onde existe água estagnada. Possui alta elasticidade e resiste aos movimentos da base que ocorrem durante as mudanças de temperatura. Mantém as suas propriedades impermeabilizantes e mecânicas, entre os 40°C e 110°C, durante muito tempo. A membrana não é afectada pela água do mar, soluções ácidas e básicas, chuvas ácidas, óleos, petróleo, etc. É transitável e pode ser usada em outras superfícies, tais como depósitos e canais de água potável. O quadro 4.2 apresenta as suas características, nas condições de ensaio 20°C, 50%HR.

Quadro 4.2 – Características da membrana impermeabilizante

Membrana

Propriedade	Resultados	Método
Composição	Poliuretano pré-polímero	
Viscosidade	5800 mPa s(Branco) 4050 mPa s(Cor *)	ASTM D 4889
Densidade	1,43 g/cm³ (Branco) 1,40 g/cm³ (Cor *)	ASTM D 1475
Tracção	7,45 ± 0,30 N/mm2	ASTM D 412
Elongação à rotura	900 ± 80%	ASTM D 412
Permeabilidade ao vapor de água	25,8 ± 4,4 gr/m2/dia	ISO 9932:91
Resistência à pressão de água	Não fura à pressão de 7 atm	DIN 1048
Adesão ao betão	23 ± 2 Kp/cm₂	ASTM D 903
Dureza	65 ± 5	ASTM D 2240
Percentagem de Sólidos	92 ± 1%	Cálculo
Temperatura de aplicação	5°C a 45°C	
Secagem superficial	12 Horas	
Secagem final	24 Horas	
Propriedades químicas	Boas: soluções ácidas e básicas (10%), Benzeno, álcool, água do mar e lubrificantes	

Condições de ensaio: 20°C, 50%HR

Na aplicação deste produto, a superfície necessita estar limpa, seca e coesa, livre de contaminações e sujidades que podem afectar a adesão da membrana. As estruturas novas necessitam de secar pelo menos 15 dias. Os ressaltos devem ser desgastados. Os buracos devem ser preenchidos com selante próprio.

Na reparação de fissuras e desagregações, deve-se limpar bem as fissuras de todas as sujidades, resíduos e outras contaminações. De seguida, aplica-se o primário; espera-se quatro horas para aplicar o selante adequado, numa largura de 100 mm, com uma

espessura de 1mm. Em juntas, deve-se aplicar o selante apropriado, numa largura de 200 mm e 1,5mm de espessura, esperar 24 horas para secar, na totalidade.

As superfícies metálicas necessitam de ser lixadas e limpas da gordura e sujidade, antes da aplicação da membrana impermeabilizante.

A membrana pode ser aplicada em superfícies horizontais e verticais, usando rolo, trincha, ou espátula, em duas ou três demãos. Cada demão necessita de 12 horas de secagem. A cura final ocorrerá 5 dias depois da aplicação. Não se deve aplicar a membrana impermeabilizante, se a superfície estiver molhada ou se houver risco de chuva, durante ou logo após a aplicação. Não se deve também aplicar uma espessura superior a 0,5mm por demão. Em algumas superfícies, pode ser utilizado, de forma a permitir uma melhor adesão da membrana à superfície.

A aplicação da membrana impermeabilizante é bastante simples e pode ser efectuada por pessoas não profissionais, utilizando rolo, trincha ou espátula. Permite obter uma superfície homogénea sem juntas, cortes ou irregularidades. Não são necessários os adesivos e produtos aplicados a fogo, característicos das telas betuminosas. Os custos e tempo de aplicação são inferiores a qualquer outro tipo de membranas. A manutenção é muito fácil.

As membranas, à base de poliuretano, são inflamáveis. Devem-se manter afastadas de fontes de fogo e não se deve fumar. A ventilação é necessária e conveniente. É necessário e conveniente o uso de luvas e óculos para proteger as mãos e os olhos. No caso de contacto do material com os olhos, deve-se aplicar bastante água e contactar um médico. As mãos e o material devem estar bem limpos antes da aplicação, com produto solvente. Deve ler-se as fichas de segurança dos produtos [38,40].

Este produto é comercializado por várias marcas e/ou empresas, nas seguintes tonalidades: Branco, Cinzento, Vermelho e Verde. Algumas fábricas permitem afinação de cores [38,40].

4.3.3 CAMADA DE PROTECÇÃO (TRÁFEGO LIGEIRO)

A membrana de protecção para sistemas de impermeabilização, à base de poliuretano, é mono componente, pigmentada, de elasticidade permanente e estável aos UV's. O

quadro 4.3 apresenta alguns parâmetros técnicos da camada de protecção de tráfego ligeiro.

Quadro 4.3 – Características da Camada de protecção (tráfego ligeiro)

Camada de protecção (tráfego ligeiro)

Propriedade	Resultados	Método
Composição	Pré-polímero poliuretano alifático pigmentado. Base solvente	
Resistência à pressão de água	Não fura	DIN EN 1928
Alongamento à rotura	cerca de 3009%	DIN EN ISO 527
Força de tensão	3,72 N/mm ²	DIN EN ISO 527
Alongamento à rotura, após envelhecimento acelerado 2000h	cerca de 370%	DIN EN ISO 527
Força de tensão, após envelhecimento acelerado 2000h	2,68 N/mm	DIN EN ISO 527
Retenção da textura, após envelhecimento acelerado 2000h	Boa	DIN 67530
Riscos na superfície, após envelhecimento acelerado 2000h	Não se observa riscos. Riscos Grau 0.	DIN EN ISO 4628-6
Adesão à membrana	> 2 N/mm ²	ASTM D 903
Temperatura de aplicação	5°C a 45°C	
Secagem superficial	1-3 Horas	
Secagem final	7 Horas	

Condições de ensaio: 20°C, 50%HR

Este tipo de protecção, além da aplicação sobre impermeabilizações horizontais, permite também ser utilizado nas seguintes situações: impermeabilização de coberturas

inclinadas, para protecção do sistema impermeabilizante horizontal, quando se pretenda tráfego ligeiro, estabilidade de cor e acabamento sem riscos; impermeabilização de floreiras, de lagos e fontanários; impermeabilização e protecção de construções em betão, como: pontes, túneis e outros; impermeabilização de tubos e de superfícies metálicas e outros.

A preparação das superfícies deve ser cuidada, para que o revestimento e a sua durabilidade sejam o melhor. As superfícies devem estar limpas, secas e isentas de qualquer contaminação, de forma a não prejudicar a adesão da membrana.

Na aplicação, deve-se mexer bem o produto, antes de o utilizar. Este deve ser aplicado a rolo ou airless, em um ou dois estratos. Depois, deve seguir-se um intervalo, 3 a 4 horas (nunca mais de 6 horas) para a secagem entre as duas demãos.

O produto final é escorregadio, quando molhado. Entretanto, pode-se polvilhar com areia sílica para criar uma base anti-derrapante.

Na aplicação, para melhores resultados, a temperatura ideal é de 5 a 35° C. O índice máximo de humidade, na superfície, não deve exceder os 5%. As baixas temperaturas retardam a cura do revestimento. A humidade elevada pode afectar o revestimento final. É muito **importante**, não lavar a superfície com água.

A aplicação é simples e tem estabilidade de cor. A limpeza é fácil. É resistente à água estagnada e à geada, não mostra o efeito riscado, mantém as propriedades mecânicas a temperaturas de 30 a 90° C. Depois destas etapas, a superfície fica apta para tráfego pedonal ligeiro [30,38].

4.3.4 CAMADA DE PROTECÇÃO (TRÁFEGO INTENSO)

A membrana de protecção é mono componente, pigmentada, semi-rígida, resistente ao desgaste e estável aos UV's. É adequada para trânsito pedonal intenso e ligeiro, tráfego automóvel (cobertura de parques de viaturas). O quadro 4.4 apresenta as suas principais propriedades

Quadro 4.4 – Características da Camada de protecção (tráfego intenso)

Camada de protecção (tráfego intenso)

Propriedade	Resultados	Método
Composição	Pré-polímero poliuretano alifático pigmentado. Base solvente	
Resistência à pressão de água	Não fura (1m coluna de água, 24h)	DIN EN 1928
Alongamento à rotura	>100%	ASTM D 412
Estabilidade aos UV's	Excelente	
Temperatura de aplicação	5°C a 35°C	Condições 20°C 50%RH
Secagem superficial	4 horas	
Tráfego ligeiro	12 horas	
Secagem final	7 dias	

Cores: branco, cinza, vermelho e verde. Afinável em cores RAL

Este tipo de protecção, além da aplicação sobre sistemas de impermeabilização horizontais, permite também ser utilizado nas seguintes situações: impermeabilização de espaços públicos, com tráfego pedonal intenso (por exemplo estádios); protecção do sistema impermeabilizante horizontal, quando se pretenda tráfego pedonal intenso e tráfego ligeiro de viaturas; impermeabilização de parques de estacionamento ao ar livre; impermeabilização de superfícies sujeitas a muito desgaste e outros.

A preparação das superfícies deve ser cuidada para que o revestimento e a durabilidade do mesmo sejam bons. As superfícies devem estar limpas, secas e isentas de qualquer contaminação, de forma a não prejudicar a adesão da membrana.

Na aplicação, deve-se mexer bem antes de se usar. O produto deve ser aplicado a rolo ou airless, em um ou dois estratos.

Deve-se esperar 3 a 6 horas (nunca mais de 8 horas) para a secagem entre as duas demãos. O produto final é escorregadio, quando molhado. Entretanto, pode-se polvilhar com areia sílica de granulometria 0,8 a 1,2mm, para criar uma base anti-derrapante.

Desta forma, a superfície final torna-se mais dura e mais resistente às condições de desgaste.

Na aplicação, para melhores resultados, a temperatura ideal é de 5 a 35° C. O índice máximo de humidade, na superfície, não deve exceder os 5%. As baixas temperaturas retardam a cura do revestimento. A humidade elevada pode afectar o revestimento final. É muito importante não lavar a superfície com água.

A aplicação é simples e tem estabilidade de cor. Tem também facilidade de limpeza. É resistente à água estagnada e também à geada. Não apresenta o efeito riscado. Mantém as propriedades mecânicas a temperaturas entre os 30 a 90° C. É resistente à abrasão constante, pesada e às condições de desgaste. A figura 4.1 mostra-nos uma cobertura onde aplicada a impermeabilização à base de poliuretano.



Fig. 4.1 – Cobertura de uma moradia com revestimento à base de poliuretano

4.4 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO À BASE DE REVESTIMENTOS CIMENTÍCIOS

4.4.1 REVESTIMENTO CIMENTÍCIO

Na generalidade das marcas [39 a 42], o revestimento cimentício [31,32] é um produto a dois componentes, à base de resinas de acrilatos em dispersão aquosa e de um sistema de cargas e aditivos especiais, que após secagem apresenta: impermeabilidade à água, permeabilidade ao vapor de água, elasticidade mesmo a temperaturas negativas, efeito

de barreira aos agentes atmosféricos (SO₂, CO₂). Confere também protecção contra a carbonatação, efeito de barreira aos agentes químicos (cloretos, sulfatos), elevada aderência, rápida resistência superficial à água, transitabilidade de pessoas. Após a mistura dos dois componentes, forma uma pasta fluida de fácil aplicação. Apresenta as cores, cinzento e marfim, dependendo da tonalidade do cimento (segundo componente).

No campo de aplicação, aplica-se como protecção e impermeabilização de superfícies horizontais e verticais, protecção e impermeabilização de betão, protecção e impermeabilização de superfícies micro fissuradas, nos sistemas de impermeabilização sob revestimentos cerâmicos, como também nos sistemas de protecção e impermeabilização de muros soterrados.

Na preparação das superfícies, os suportes devem ter regularidade e planeza compatíveis com a espessura usual do revestimento, 3 a 4mm. Devem apresentar-se coesos e livres de pó, gorduras, óleos ou materiais em destaque. Se necessário, deverá ser feita uma preparação com limpeza de água a alta pressão com desengorduramento, sempre que se mostre adequado.

Nas aplicações horizontais, deverão existir as inclinações recomendáveis, de forma a obter-se um bom escoamento das águas e, desse modo, evitar-se empoçamentos.

As zonas degradadas, com necessidade de grandes enchimentos, deverão ser removidas e refeitas com argamassa adjuvada.

As superfícies com fendas estáticas deverão ser refeitas, com argamassa adjuvada, e a aplicação do **revestimento cimentício** deverá ser feita com incorporação, local, de rede de fibra de vidro, com tratamento anti-alkalino e malha 4x4 mm.

As superfícies com fendas não estáticas deverão ser refeitas, com mástique contendo fibras, e a aplicação do **revestimento cimentício** deverá ser feita com a incorporação, local, de rede de fibra de vidro, com tratamento anti-alkalino e malha de 4x4 mm.

As superfícies com fendilhação generalizada deverão ser, totalmente, revestidas com incorporação de rede de fibra de vidro, com tratamento anti-alkalino e malha de 4x4 mm.

Na aplicação, o **revestimento cimentício** deve ser colocado à talocha, com uma argamassa de 1 a 2 mm por demão.

Não se deve aplicar outra demão, antes do endurecimento da anterior. O intervalo de aplicação, entre as demãos, deverá ser 6 a 12 horas, em condições normais de temperatura e humidade. Quando for necessária a incorporação de rede de fibra de vidro,

anti-alkalina de 4x4 mm, esta deve ser incorporada na 2ª demão do **revestimento cimentício**.

No que concerne às condições de aplicação, o **revestimento cimentício** não deve ser aplicado, sobre forte acção do sol ou de calor, com vento demasiado forte e temperatura inferior a 8°C. No momento da aplicação, o suporte pode apresentar-se húmido, mas não deve haver película de água à superfície.

O consumo é cerca de 1,80 kg/m², por mm de espessura. Esta deverá ser 1 a 2 mm, por demão. Devem ser aplicadas, no mínimo, 2 demãos. A figura 4.2 representa uma cobertura em terraço com revestimento cimentício.



Figura 4.2 – Terraço com revestimento cimentício e acabamento cerâmico

4.4.2 CAMADA DE PROTECÇÃO (TRÁFEGO LIGEIRO)

A camada de protecção pode ser efectuada através da colocação ou não de cerâmicos. No estudo efectuado, consideramos a aplicação de um produto de cor clara, também impermeabilizante, que permite trânsito pedonal ligeiro.

Este produto é pastoso de alta viscosidade, à base de copolímeros, acrílicos em dispersão aquosa, com dupla reticulação sendo, uma delas, reticulação à luz natural (fotoreticulação). Após secagem, apresenta-se sob a forma de uma membrana contínua,

impermeável à água, permeável ao vapor de água, tem elasticidade permanente a temperaturas positivas e negativas (até -20°C). Apresenta resistência às intempéries, resistência aos raios ultravioletas, resistência às variações bruscas de temperatura, elevada capacidade de dissimulação de fissuras, confere elevada resistência à carbonatação nas superfícies onde é aplicado. Apresenta também resistência à acção dos vapores, fumos industriais, óleos, gorduras e outros. A cor é conforme o catálogo [39 a 42].

Relativamente às condições de aplicação, o suporte deverá encontrar-se bem seco (teor de humidade máxima do suporte 25%). Deve evitar-se aplicar o produto a temperaturas inferiores a $+5^{\circ}\text{C}$ ou superiores a 30°C , bem como em períodos chuvosos, de fortes neblinas ou quando as condições climáticas ameaçarem chuva, nas 72 horas subsequentes à aplicação. A humidade ambiente não deverá ultrapassar os 60%. O quadro 3.5, a seguir indica os seus parâmetros técnicos.

Quadro 4.5– Características do Revestimento Cimentício

Parâmetros técnicos

Tensão de ruptura ($T=20^{\circ}\text{C}$, 3 kg/m ²)	9 N/mm ² (1)
($T=-10^{\circ}\text{C}$, 3 kg/m ²)	16,7 N/mm ² (1)
Elongamento ($T=20^{\circ}\text{C}$, 3 kg/m ²)	57% (1)
($T=-10^{\circ}\text{C}$, 3 kg/m ²)	38% (1)
Viscosidade	(MTE.2, Brookfield 6:10 rpm, 20°C): 15000 – 20000
Massa volúmica	(MTE.4, 20°C): 1.300 – 1.400 g/cm ³
pH	(MTE.3, 20°C): 9 – 11

Os sistemas de pisos cimentícios oferecem uma excelente alternativa de grande durabilidade e resistência, têm um elevado desempenho, entre outros, nos revestimentos e acessórios para aplicações arquitectónicas.

A figura 3.4 representa uma cobertura em terraço com revestimento cimentício.



Figura 4.3 – Terraço com revestimento cimentício

O revestimento de impermeabilização deve garantir que a cobertura tenha um bom desempenho, principalmente, que garanta a estanquidade à água.

4.5 PORMENORES DE EXECUÇÃO

Os pormenores de execução que se exemplificam são comuns aos dois sistemas de impermeabilização apresentados.

Estes devem ser tomados em consideração, tendo em atenção a sua especificação e o modo de aplicação, uma vez que os dois tipos de intervenção seleccionados são idênticos.

Na figura 4.4 está indicado o modo de tratamento das fissuras.

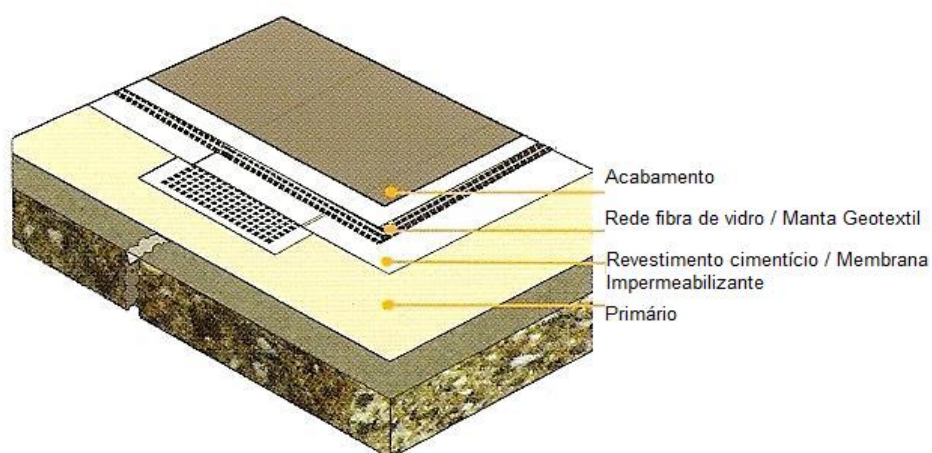


Figura 4.4 – Tratamento de fissuras [40]

As 'ligações' da impermeabilização às tubagens e demais saliências existentes, nas coberturas, constituem sempre pontos de particular atenção. Na figura 4.5, está indicado o modo de tratamento e execução destes locais.

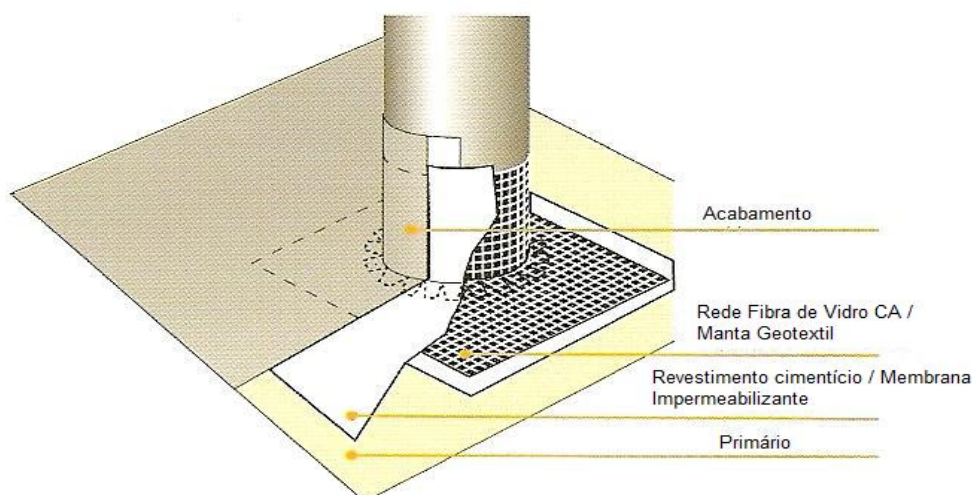


Figura 4.5 – Pormenor de execução dos 'remates' das tubagens e demais saliências existentes nas coberturas [40]

De forma a garantir a estanquidade da cobertura impermeabilizada, é necessário que o sistema utilizado, além dos 'remates' atrás mencionados, abranja parte dos 'muretes' envolventes, caso existam, e esteja devidamente 'ligado' à fachada exterior. Evitam-se desta forma infiltrações de água e humidade nestes locais. Uma das vantagens, já mencionada destes sistemas de impermeabilização, é a sua continuidade, ou seja, os materiais depois de secos funcionam como uma membrana contínua, sem juntas.

Na figura 4.6, pode-se observar a 'ligação' do sistema de impermeabilização, na fachada envolvente.

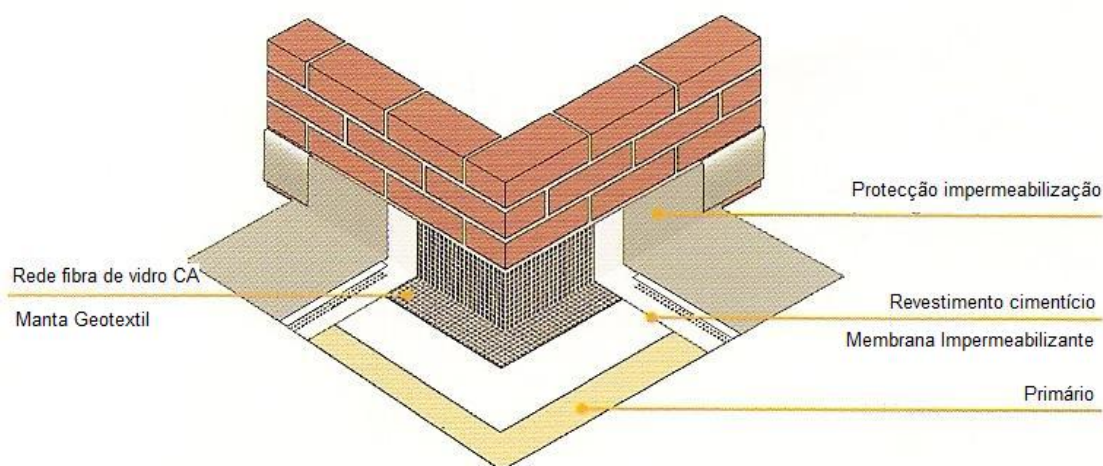


Figura 4.6 – Pormenor de execução dos 'remates' da impermeabilização na fachada envolvente [40]

Na figura 4.7, está identificado o modo de execução do 'remate' da impermeabilização ao 'murete'. Este último terá sempre de ser protegido superiormente através da colocação de um rufo, uma pedra, e/ou elemento que impeça que a água e/ou humidade surja sob a impermeabilização. Em alguns casos, a impermeabilização abrange a totalidade do 'murete', zona vertical e horizontal, terminando no revestimento da alvenaria exterior.

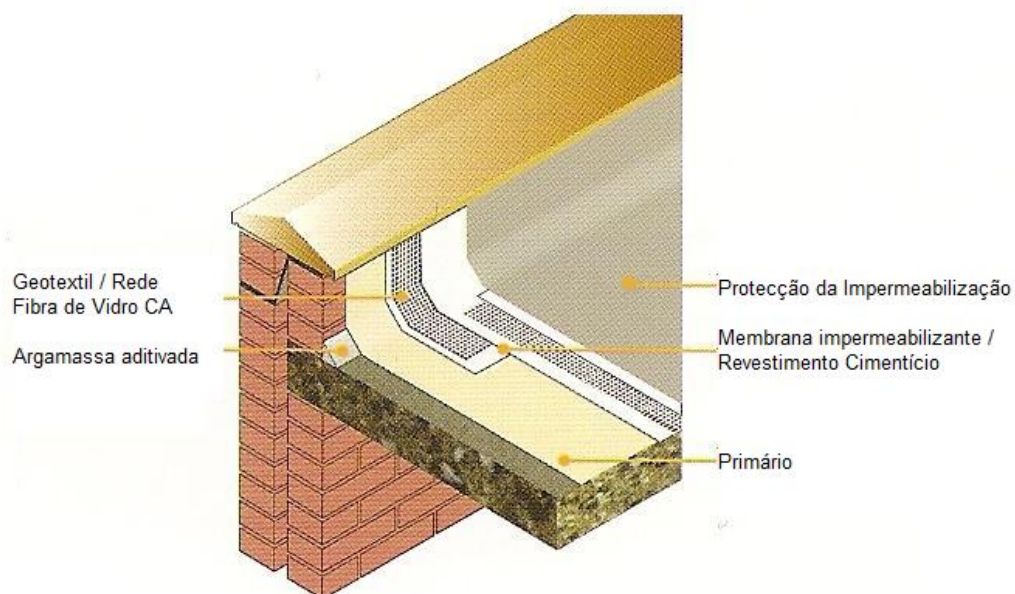


Figura 4.7 – Pormenor de execução dos 'remates' da impermeabilização nos 'muretes' [40]

4.6 TIPOS DE ISOLAMENTO TÉRMICO UTILIZADOS

4.6.1 GENERALIDADES

A existência de uma variada gama de materiais de isolamento térmico, no mercado, conduz-nos à necessidade de uma escolha criteriosa dos materiais a utilizar no nosso trabalho experimental. Optámos por seleccionar o poliestireno extrudido e o betão ultra leve, composto por aglomerados de borracha e poliuretano, por consideramos que correspondiam às nossas exigências. Por outro lado, são dois produtos com bastante implantação no contexto actual, de fácil aquisição e de custo acessível.

4.6.2 POLIESTIRENO EXTRUDIDO

O isolamento térmico é, hoje em dia, um dos produtos essenciais a ter em conta na construção de uma habitação ou qualquer outro edifício. Várias empresas [40,42,67 68,69] põem à disposição dos projectistas e aplicadores soluções construtivas com o poliestireno extrudido. Este produto permite isolar as habitações com conforto e segurança, ao mesmo tempo que é amigo do ambiente (isento de CFC'S e HICFC).

Para além de possuir uma excelente resistência à transmissão de calor, as placas de poliestireno extrudido possuem uma excelente resistência às acções mecânicas e ambientais, sendo largamente utilizadas nas chamadas “coberturas invertidas” em que o isolamento térmico se encontra sobre a impermeabilização.

Apresenta elevado desempenho térmico com baixa condutibilidade, é altamente resistente à absorção de água, tendo capilaridade nula, é de fácil aplicação e manuseamento e tem elevada resistência mecânica. É também imputrescível e não propício ao aparecimento de bolor e outras eflorescências, não é afectado por chuva, neve ou gelo e a sujidade é facilmente lavável. Não tem qualquer valor nutritivo para roedores ou insectos.

Relativamente à sua utilização, é utilizado como isolamento de coberturas (tradicional e invertida), como isolamento de cobertura invertida ajardinada, como isolamento de pisos e pavimentos, como isolamento de caixa-de-ar de paredes exteriores e outros. É utilizado na construção civil em diferentes situações: pavimentos, coberturas, isolamento de tubagens, enchimento e outros. O quadro 4.6 apresenta os dados técnicos.

Quadro 4.6 – Propriedades do poliestireno extrudido

Propriedade	Norma	Código de Designação EN 13164	Unidade	Poliestireno Extrudido PT	Poliestireno Extrudido SL	Poliestireno Extrudido LG
Comprimento	EN 822	-	mm	2000	1250	1200
Largura	EN 822	-	mm	600	600	600
Espessura	EN 823		mm	35, 40, 50, 60	30, 40, 50, 60, 80	50+10
Superfície	-	-	-	Rugosa e Canela	Lisa	Argamassa
Corte Perimetral	-	-	-	Meia-madeira	Meia-madeira	Macho - fêmea
Densidade Mínima	EN 1602	-	Kg/m ³	35	35	32
Aplicações	-	-	-	Cobertura plana invertida aligeirada	Cobertura plana invertida	Cobertura inclinada com estrutura contínua

A membrana de impermeabilização, uma das partes mais sensíveis da cobertura, é exposta a múltiplas influências exteriores que poderão ser evitadas colocando o isolamento térmico em cima da membrana e não por baixo, como no caso da cobertura tradicional. A mão-de-obra é reduzida e a colocação é feita com relativa rapidez. O produto oferece, numa única operação, o isolamento e o acabamento, proporcionando um óptimo enquadramento nos diferentes estilos arquitectónicos.

4.6.3 BETÃO ULTRA LEVE

O betão ultra leve é um produto de baixo peso e resistente. Pode ser constituído por agregados de cortiça, poliestireno expandido, como também por granulados de poliuretano e borracha.

O aglomerado negro de cortiça expandida deriva de uma matéria-prima natural e renovável. É um produto 100% natural, inalterável, eficiente e reciclável. O regranulado de cortiça pode ser misturado com cimento e areia para diversas aplicações na construção. É um isolante térmico e acústico, com boa durabilidade, reciclável, reduz a transmissão de vibrações, não absorve água. É um produto natural e amigo do ambiente.

Pode ser utilizado nas habitações, nos pavimentos, caixas-de-ar, coberturas e outras.

O granulado de poliestireno expandido é um produto composto por partículas de matéria-prima, com aspecto granular. Este granulado tem sido aplicado na construção, nos sistemas de isolamento. Tal facto não é alheio à leveza obtida nas estruturas de betão leve, conseguindo assim economia nos materiais usados em toda a estrutura de suporte. É um material extremamente leve, fácil de utilizar, sem necessidade de mão-de-obra especializada. Tem baixa absorção de água. As partículas de poliestireno expandido podem levar um aditivo que melhora a fluidez e facilita a bombagem mecânica.

Os granulados de Poliuretano e borracha para além das propriedades de isolamento térmico e acústico, têm a principal característica de diminuir o peso do betão, passando a ser um Betão Ultra Leve [67 a 69].

O poliuretano é um polímero utilizado na técnica de isolamento térmico. Está de acordo com as normas da ASTM-C 591, ABNT-EB-629. A grande vantagem da aplicação do poliuretano, directamente sobre tubulações, vasos e equipamentos, reside em não precisar de máquinas e pessoal especializado, na execução do isolamento.

O produto é utilizado na construção de edifícios, não só pela sua versatilidade e pelo seu conforto, mas também pelas suas características técnicas.

A utilização dos **produtos de betão ultra leve** contribui para reduzir o peso, protege o edifício porque reduz as variações de temperatura sobre a estrutura. Evita fissuras, devido a uma menor flutuação térmica da estrutura que obsta a que os diversos materiais atinjam temperaturas extremas, evita tensões excessivas pela dilatação ou retracção mais lenta dos componentes, não provoca reacções químicas em contacto com as telas de impermeabilização. Tem bom comportamento mecânico quando sujeito a sobrecargas de vibração. É biologicamente inerte, não ganha bolores nem possibilita o desenvolvimento de microorganismos. É imputrescível, não degrada em ambientes de elevada humidade. Não contamina o ambiente nem liberta qualquer tipo de substância tóxica.

Na figuras 4.8, apresenta-se um aglomerado de granulados de poliuretano e borracha, material utilizado na execução do isolamento térmico tipo betão leve.



Figura 4.8 – Aglomerado de granulados de poliuretano e borracha

No quadro 4.7, pode-se observar a massa volúmica e o coeficiente de condutibilidade térmica dos materiais utilizados, em comparação com outros tipos de materiais. Os materiais estão identificados nas caixas a negrito.

Quadro 4.7 – Condutibilidade térmica

Materiais	Massa volúmica (kg/m ³)	Coeficiente Condutibilidade Térmica (W/m°C)
MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO		
Betão	2200-2400	1,75
Betão armado	2500-4000	1,30
Betão celular	400	0,30
Estuques	750-1300	0,35
Reboco de cimento	1900-2100	1,15
Tijolo	1200-1800	0,4 - 1,15
Madeira maciça	450-1000	0,12 - 0,29
Fibras minerais (Lã de Rocha/Vidro)	20-300	0,041
MATERIAIS DE ISOLAMENTO		
Borracha EPDM	330-450	0,15
Poliestireno expandido	10-35	0,037 – 0,044
Poliuretano	40-120	0,033 – 0,039
Asfalto	2100	0,70 – 1,15
Aglomerado negro de Cortiça	120	0,045
Vidro	2700	1,15
Aço	7780	52
Alumínio	2700	230
PVC	50-100	0,04
Poliestireno expandido extrudido	25-40	0,027 – 0,033

5 – Estudo Experimental

5.1 INSTALAÇÃO EXPERIMENTAL

5.1.1 INTRODUÇÃO

De forma a poder comparar as soluções de reabilitação de coberturas planas em estudo, procedeu-se, inicialmente, à realização de uma amostra constituída por placas de betão, com dimensões padronizadas (lajetas em betão com 30mm de espessura, figura 5.1).

Estas lajetas, depois de cuidadosamente limpas, foram objecto da aplicação dos produtos mencionados no capítulo anterior, referentes aos dois sistemas de impermeabilização descritos, à base de poliuretano e revestimentos cimentícios (figura 5.2).

A experiência efectuada consistiu em comparar os dois tipos de impermeabilização mencionados no capítulo 4, com os materiais ‘tradicionais’ mais utilizados, em particular, os produtos betuminosos.

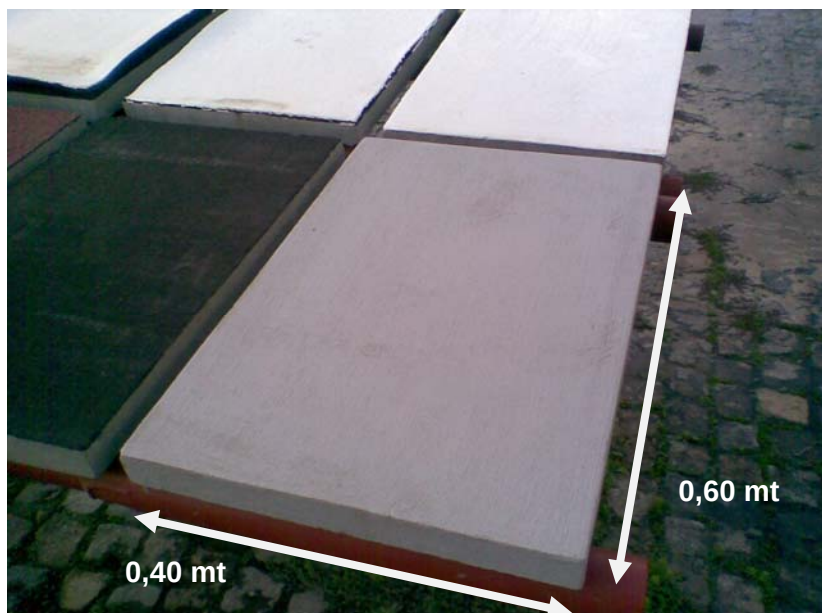


Fig. 5.1 - Placa 1 (lajetas de betão) sem qualquer tipo de revestimento



Fig. 5.2 - Placas (lajetas de betão) com os produtos aplicados

O objectivo principal da nossa experiência, além de permitir visualizar o tipo de produtos e tecnologias, foi avaliar as soluções para a reabilitação de coberturas planas, do ponto de vista do desempenho térmico e de durabilidade. Recorreu-se à medição de temperaturas.

Além do registo de temperaturas, procedeu-se também à medição da humidade relativa (HR). Nos dias em que ocorreu pluviosidade, não foi possível efectuar medições. Nos gráficos, estes dias estão assinalados com uma imagem alusiva à pluviosidade.

O conjunto de valores de Humidade Relativa não foi objecto de tratamento nos capítulos seguintes, porque eram muitos dados, tendo surgido, de certa forma, alguma complexidade em expressar e comparar graficamente. Estes dados ou parte deles farão parte dos Anexos.

5.1.2 LOCALIZAÇÃO

Inicialmente, a experiência decorreu em Gondomar, mais concretamente na Freguesia de Medas, a cerca de 20Km do Porto. Em finais de Agosto de 2008, procedeu-se à montagem de uma nova 'mesa de trabalho' junto ao mar, nomeadamente, na Freguesia de Canidelo, V.N.Gaia.

Este segundo posto de medição, por dificuldades logísticas, apenas funcionou durante oito dias. A figura 5.3 evidencia os locais onde foi realizado o trabalho experimental. As figuras 5.4 e 5.5 mostram respectivamente as montagens da experiência, em Gondomar e V. N. Gaia.

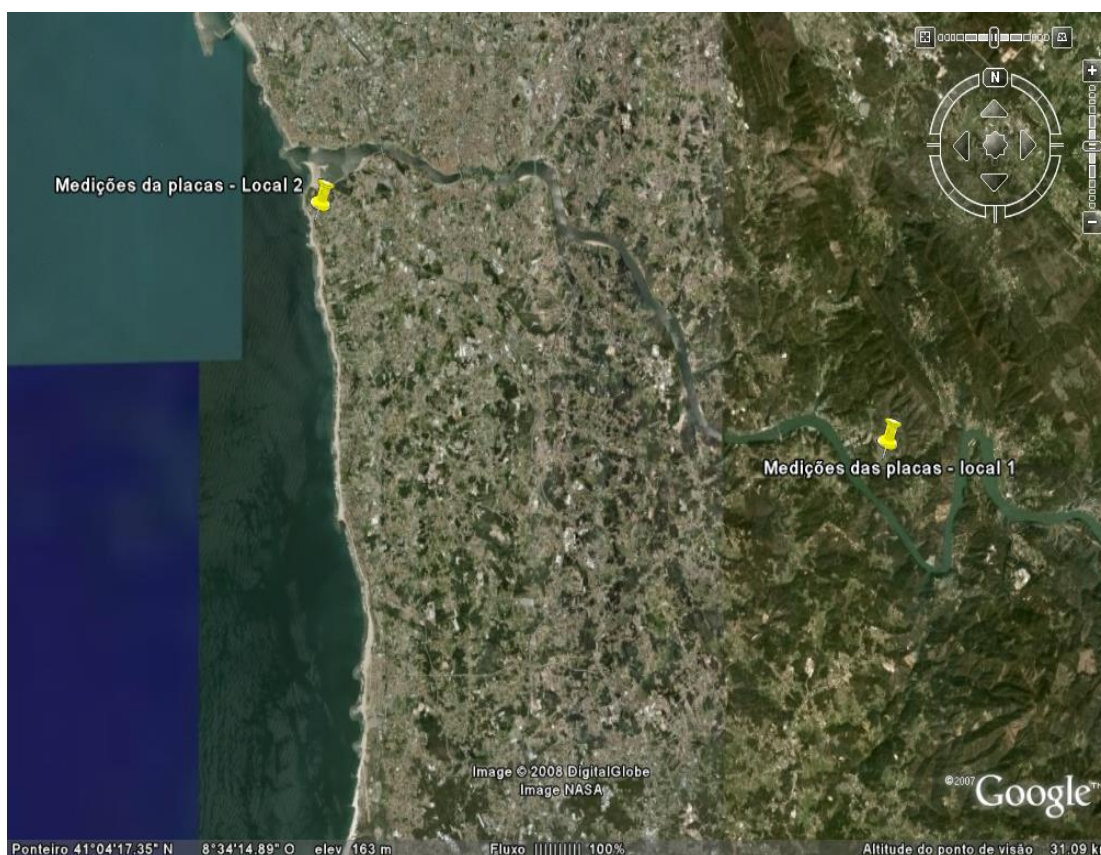


Fig. 5.3– Vista aérea dos locais de medição e análise



Fig. 5.4– Local inicial de medição e análise, Gondomar (GDM)



Fig. 5.5 – Segundo local de medição e análise, V.N.Gaia (VNG)

5.1.3 AMOSTRA

A 'mesa de trabalho', local onde foram colocadas as placas, foi executada em tubos de ferro com 50mm de diâmetro. De forma a evitar o surgimento de oxidação, foi aplicado anti-ferrugem por toda a superfície. A 'mesa' propriamente dita era composta por tubos, semelhantes à estrutura da figura 5.6, de forma a contactar o mínimo possível com as lajetas. Foi executada a cerca de um metro do pavimento (figura 5.7).

A parte lateral das lajetas, depois de aplicados os produtos, foi impermeabilizada através da colocação de um selante incolor.

A plataforma ficou situada numa zona de parque sem construções, num raio de 10 metros. A sul, não existe nenhum edifício. O parque mencionado estende-se até ao arruamento, cerca de 120 metros, sem obstáculos.

Esta situação permitiu que as placas tivessem uma exposição solar considerável, sem sombreamento. Pelas 8h00 da manhã, as placas já eram atingidas pelos raios solares.



Fig. 5.6 – Pormenor da estrutura da 'mesa de trabalho'

As placas estão horizontais e encontram-se a 1 metro de altura do pavimento. A sua identificação encontra-se ilustrada na figura 5.8.



Fig. 5.7 – Altura da mesa de trabalho

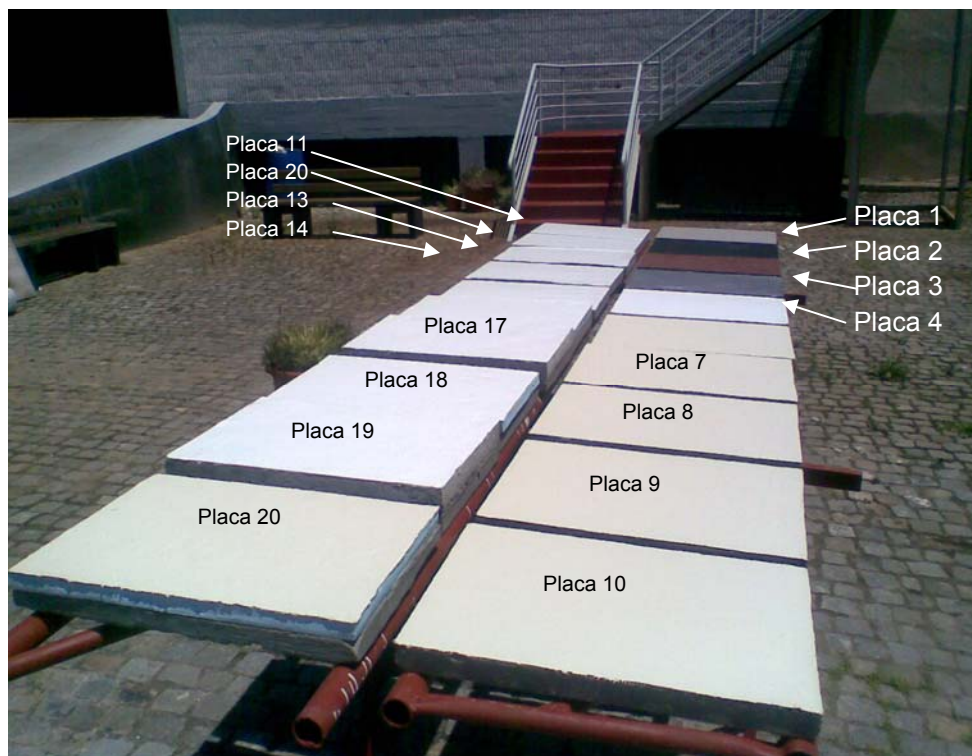


Fig. 5.8– Placas revestidas com os diferentes revestimentos de impermeabilização

Inicialmente, no 1º local de análise, a amostra era constituída por 20 placas. A sua constituição está indicada no quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Amostragem em Gondomar (GDM)

Placa 1	Placa 2	Placa 3	Placa 4	Placa 5
Não tem produtos.	Telas betuminosas.	Telas betuminosas com acabamento mineralizado.	Telas betuminosas com acabamento a alumínio.	Telas asfálticas com acabamento branco.
Placa 6	Placa 7	Placa 8	Placa 9	Placa 10
Revestimento cimentício com camada de protecção, cor clara.	Telas betuminosas. Posterior aplicação de revestimento cimentício com camada de protecção, cor clara.	Telas betuminosas com acabamento mineralizado. Posterior aplicação de revestimento cimentício com camada de protecção, cor clara.	Telas betuminosas com acabamento a alumínio. Posterior aplicação de revestimento cimentício com camada de protecção, cor clara.	Telas asfálticas com acabamento branco. Posterior aplicação de revestimento cimentício com camada de protecção, cor clara.
Placa 11	Placa 12	Placa 13	Placa 14	Placa 15
Impermeabilização base poliuretano cor branca, com camada de protecção.	Telas betuminosas. Impermeabilização base poliuretano cor branca, com camada de protecção.	Telas betuminosas com acabamento mineralizado. Impermeabilização base poliuretano cor branca, com camada de protecção.	Telas betuminosas com acabamento a alumínio. Impermeabilização base poliuretano cor branca, com camada de protecção.	Telas asfálticas com acabamento branco. Impermeabilização base poliuretano cor branca, com camada de protecção.
Placa 16	Placa 17	Placa 18	Placa 19	Placa 20
Impermeabilização base poliuretano cor branca, com camada de protecção, sobre isolamento térmico poliestireno extrudido.	Telas betuminosas. Impermeabilização base poliuretano cor branca, com camada de protecção, sobre isolamento térmico tipo betão leve.	Telas betuminosas com acabamento mineralizado. Impermeabilização base poliuretano cor branca, com camada de protecção, sobre isolamento térmico poliestireno extrudido.	Telas betuminosas com acabamento a alumínio. Impermeabilização base poliuretano cor branca, com camada de protecção, sobre isolamento térmico tipo betão leve.	Revestimento cimentício, com protecção clara, sobre isolamento térmico por baixo, poliestireno extrudido.

No segundo local de medição e análise, Canidelo, V.N.Gaia, apenas foram observadas 8 placas. O quadro 5.2 evidencia a amostra neste segundo local. Este critério deveu-se ao facto de se ter constatado a homogeneidade de valores, em alguns elementos (placas). Analisaram-se apenas os tipos de impermeabilização mais representativos e que apresentam maiores amplitudes térmicas, excluindo-se os demais.

Neste sentido, a amostra deste 2º local engloba as placas 1,2,6,9,11,12,17 e 18. Foram deslocados os elementos 1,2,6 e 11 do local inicial GDM.

Nos quadros 5.1 e 5.2, estão identificadas as placas que constituíram as respectivas amostras, referentes ao 1º e 2º local.

Quadro 5.2 – Amostragem em Canidelo, V.N.Gaia (GDM)

Placa 1	Placa 2	Placa 6	Placa 9
Não tem produtos.	Telas betuminosas.	Revestimento cimentício com camada de protecção, cor clara.	Telas betuminosas com acabamento a alumínio. Posterior aplicação de revestimento cimentício com camada de protecção, cor clara.
Placa 11	Placa 12	Placa 17	Placa 18
Impermeabilização base poliuretano, cor branca, com camada de protecção.	Telas betuminosas. Impermeabilização base poliuretano cor branca, com camada de protecção.	Telas betuminosas. Impermeabilização base poliuretano, cor branca, com camada de protecção, sobre isolamento térmico, tipo betão leve.	Telas betuminosas com acabamento mineralizado. Impermeabilização base poliuretano cor branca, com camada de protecção, sobre isolamento térmico, tipo roofmate.

5.1.4 MODO DE MEDIÇÃO E APARELHO UTILIZADO

As placas foram objecto de medição diária, 3 vezes ao dia (8h00, 14h00 e 18h00), na zona superior e inferior, tal como as imagens seguintes 5.9 e 5.10 demonstram. Observando as figuras 5.9 e 5.10, pode-se observar o modo e o local de medição das placas.



Fig. 5.9 – Modo de medição das placas (zona superior)



Fig. 5.10 – Modo de medição das placas (zona inferior)

Na zona superior e inferior da placa, o ponto de medição situou-se no centro.

O aparelho utilizado, na figura 5.11, permite medir a temperatura do ar, a humidade relativa e as temperaturas superficiais. Foi devidamente calibrado antes de se iniciar as medições, do mesmo modo que as temperaturas e humidades relativas do ar foram confirmadas por outros aparelhos. As diferenças detectadas nunca atingiram os 0,5°C.



Fig. 5.11– Aparelho de medição

5.2 – RECOLHA E ANÁLISE DE DADOS

5.2.1 INTRODUÇÃO

As medições da temperatura das placas foram efectuadas todos os dias úteis, de 18 de Junho a 26 de Setembro de 2008, três vezes ao dia, nomeadamente às 8h, às 14h e às 18h. Como já se referiu, as placas foram analisadas (medição de temperatura) na sua zona central, na superfície superior e inferior.

Em cada medição, foram registadas a temperatura ambiente e a humidade relativa.

Existem essencialmente diferentes tipos de gráficos: aqueles onde são comparados os valores de cada placa, outros em que são comparados valores de fases do dia (8h00, 14h00, 18h00) e ainda outros em que se comparam valores entre os dois locais da experiência.

Os gráficos permitem a observação e a comparação dos valores, nas diferentes fases dos dias, bem como as amplitudes térmicas durante a realização da experiência.

Uma vez que se constatou que existiam placas com valores muito idênticos, de forma a reduzir o vasto campo de amostragem, apenas iremos apresentar gráficos das placas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 16, 19.

Como já foi mencionado, optou-se também pela criação de um novo posto de ensaio, junto ao mar. A existência destes locais permite comparar valores e perceber as diferenças de comportamento dos materiais, face às solicitações a que estão sujeitos.

No segundo posto de trabalho, utilizaram-se parte das placas que não foram consideradas no 'posto inicial de medição', tal como atrás descrito, ou seja, foram usadas as placas 9, 12, 17 e 18. Houve necessidade de efectuar uma réplica da placa 1, 2, 6 e 11, para permitir uma comparação de valores. Utilizámos apenas oito placas.

Como já referimos, por dificuldades logísticas, este segundo local de análise apenas funcionou durante 8 dias.

Numa primeira fase, vamos observar as medições da temperatura do ar, respectivamente no 1º e 2º local.

Numa segunda fase, ir-se-á abordar e interpretar os resultados por fases de observação, ou seja, efectuar comparações às 8h00, seguidamente às 14h00 e por fim às 18h00. Por último, efectuar-se-á uma comparação das três leituras diárias.

Os gráficos com a indicação 'GDM', referem-se às medições realizadas no local inicial, em Gondomar. Os gráficos com a indicação 'VNG' são representativos do segundo posto de análise, em Vila Nova de Gaia.

5.2.2 TEMPERATURAS - 8H00, 14H00 E 18H00

Apresentam-se os gráficos, **figuras 5.12 e 5.13**, onde estão indicadas a temperatura do ar, pelas 8h, 14h e 18h. **A figura 5.12** refere-se ao 1º local e a **figura 5.13** ao 2º local. Estão mencionados os períodos em que ocorreu pluviosidade, motivo da não realização de leituras.

Convém referir que a ocorrência de chuva, apenas, se verificou em alguns dias, como podemos ver na imagem indicadora desse efeito. Nos dias em que apenas choveu de manhã ou no período da tarde, foram efectuadas medições.

Analisando o gráfico da **figura 5.12**, podemos ver que às 8h00, a temperatura do ar apresenta valores mais baixos. Pelas 14h00 e 18h00, as medições aproximam-se. As maiores amplitudes térmicas correspondem aos dias mais quentes, com temperaturas máximas próximas de 35 graus.

As quebras das linhas das temperaturas são motivadas pela alteração das condições atmosféricas.

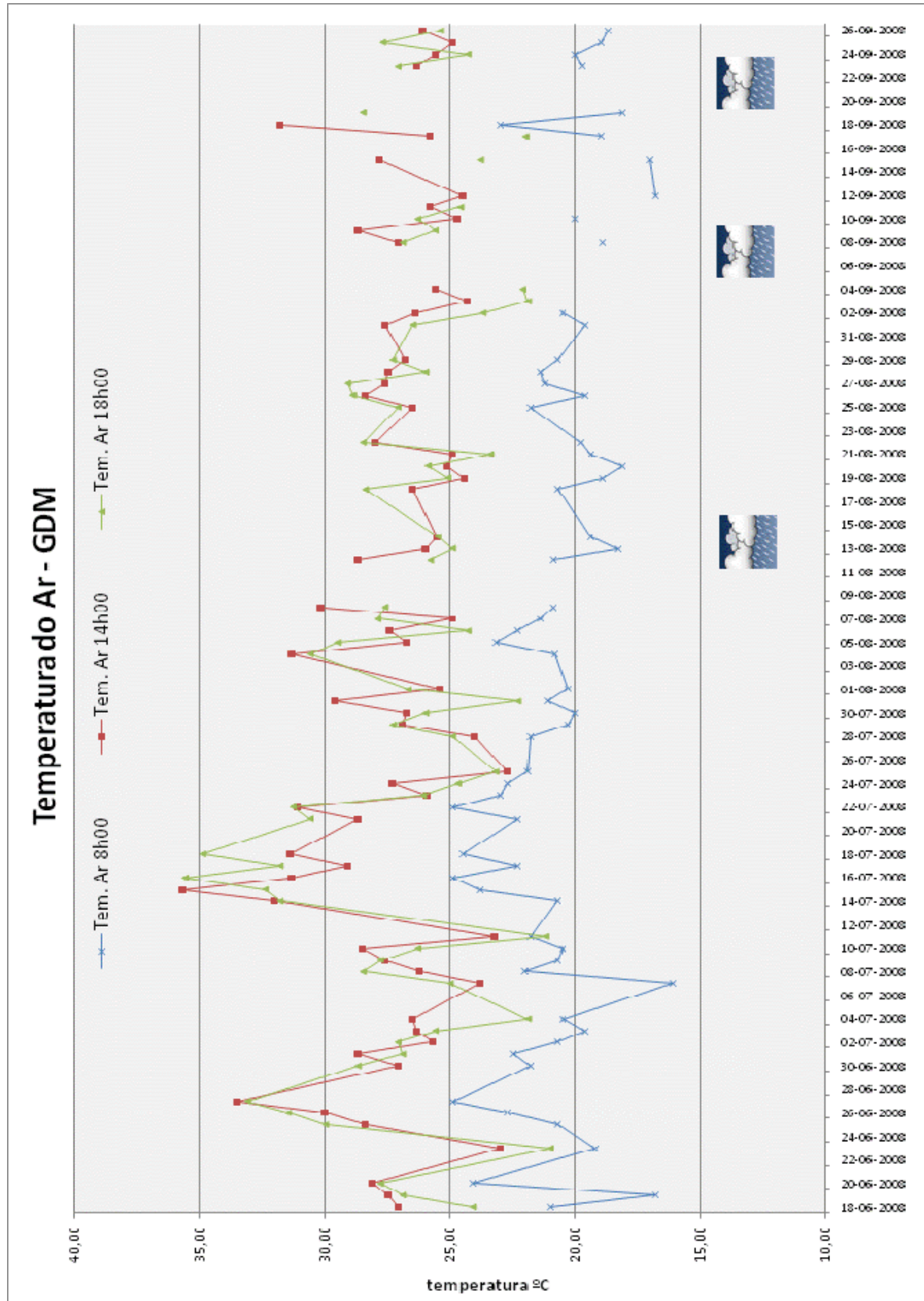


Fig.5.12 – Gráfico Comparativo da temperatura, nas três medições diárias, local inicial

A seguir, apresenta-se a **figura 5.13** com a temperatura do ar, no segundo local de observação, em Vila Nova de Gaia, junto ao mar.

Foram apenas registados dados referentes a cinco dias. Nos outros dias de análise, choveu, motivo pelo qual não foram efectuados registos das temperaturas superficiais. Procedeu-se à medição da temperatura do ar.

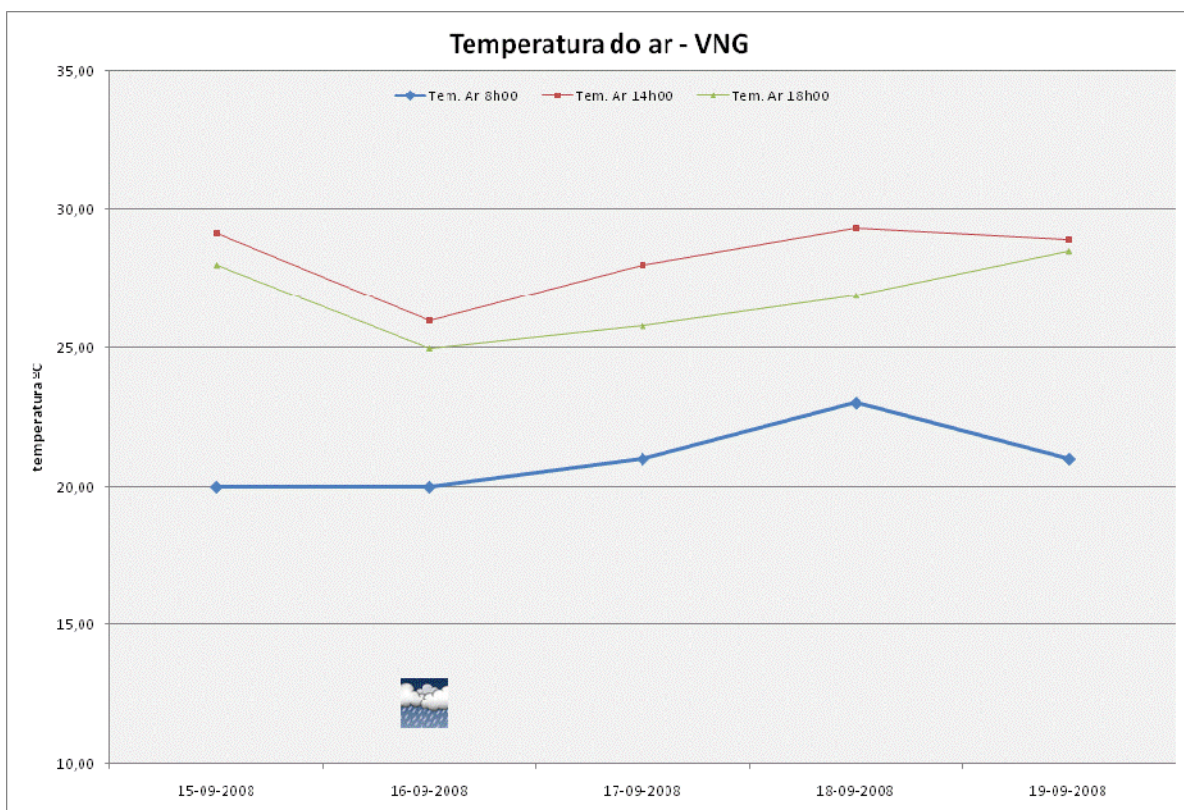


Fig.5.13 – Gráfico Comparativo da temperatura nas três medições diárias, segundo local

Ressalta da observação deste gráfico que as amplitudes térmicas são menores, comparadas com o gráfico anterior. Também o valor da temperatura às 14h00 e 18h00 é diferente. No 1º local, a estas horas, as temperaturas aproximam-se, no 2º local são mais baixas às 18h00.

5.2.3 TEMPERATURAS – 8h00

De seguida, apresentamos, nos gráficos das **figuras 5.14 e 5.15**, o resumo das temperaturas superficiais registadas às 8h00, no 1º local. A primeira refere-se à temperatura da superfície superior e a segunda à temperatura da superfície inferior. A ordem das linhas respeita a numeração das placas, anteriormente apresentada.

Analisando os valores do gráfico da **figura 5.14**, vemos que a temperatura do ar, identificada a tracejado, é, na generalidade dos dias, mais elevada às 8h00, do que a temperatura superficial das placas.

Como seria de esperar, existe uma homogeneidade dos valores registados, com excepção das placas com isolamento térmico, em particular, o poliestireno extrudido, placa 16 (verde mais acentuado).

Como observamos na figura, salvo pequenas excepções, a cor verde corresponde à linha superior do gráfico e à placa revestida com poliestireno extrudido. Este material cria um corte térmico, uma barreira com a lajeta em betão, dificultando a transmissão do calor. Os materiais impermeabilizantes, durante o período nocturno, atingem valores inferiores às restantes placas, do mesmo modo que, logo que são atingidos por raios solares, elevam a sua temperatura superficial. Tal facto não sucede do mesmo modo nas restantes placas.

Optámos por não efectuar algumas medições nas placas com isolamento térmico, poliestireno extrudido, tipo ‘roofmate’, e impermeabilização à base de poliuretano, em virtude destas apresentarem gotas de água na sua parte superior.

No gráfico da **figura 5.15**, a temperatura da face inferior é, em geral, ligeiramente inferior à temperatura ambiente. As placas com isolamento térmico apresentam valores mais reduzidos. Esta situação explica-se pelo facto de, durante o dia, a parte inferior das placas não atingir as temperaturas elevadas que as placas sem isolamento atingem, em particular as telas betuminosas.

Pela manhã, uma vez que todas as placas não tiveram qualquer exposição de calor e/ou fonte de calor, a sua temperatura superior e inferior é semelhante.

Não se apresenta qualquer gráfico do segundo local de medições, devido ao facto das placas às 8h00 apresentarem sempre a parte superior húmida, impossibilitando qualquer leitura.

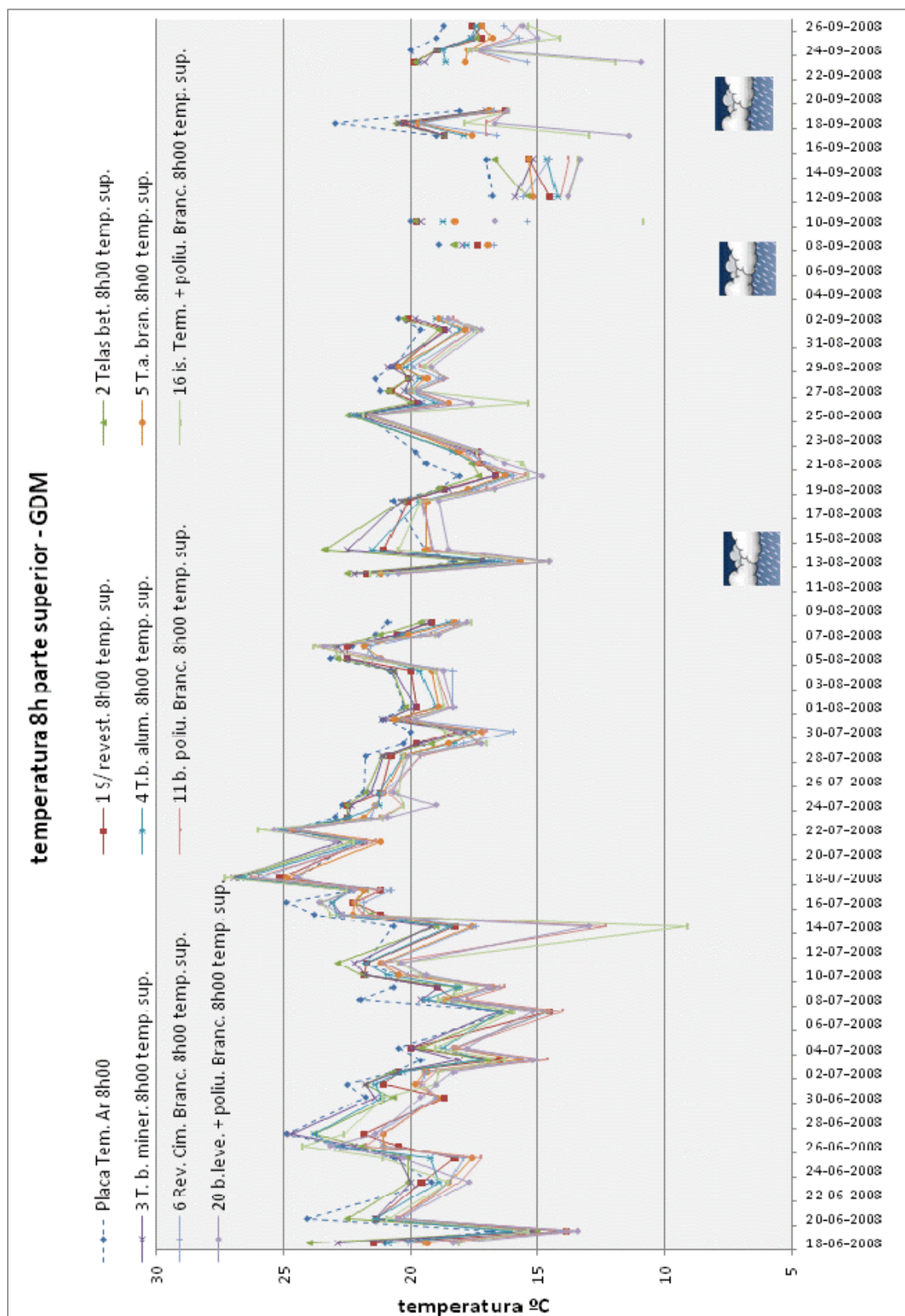


Fig. 5.14 – Gráfico resumo das temperaturas superficiais superiores das placas, às 8h00, local inicial

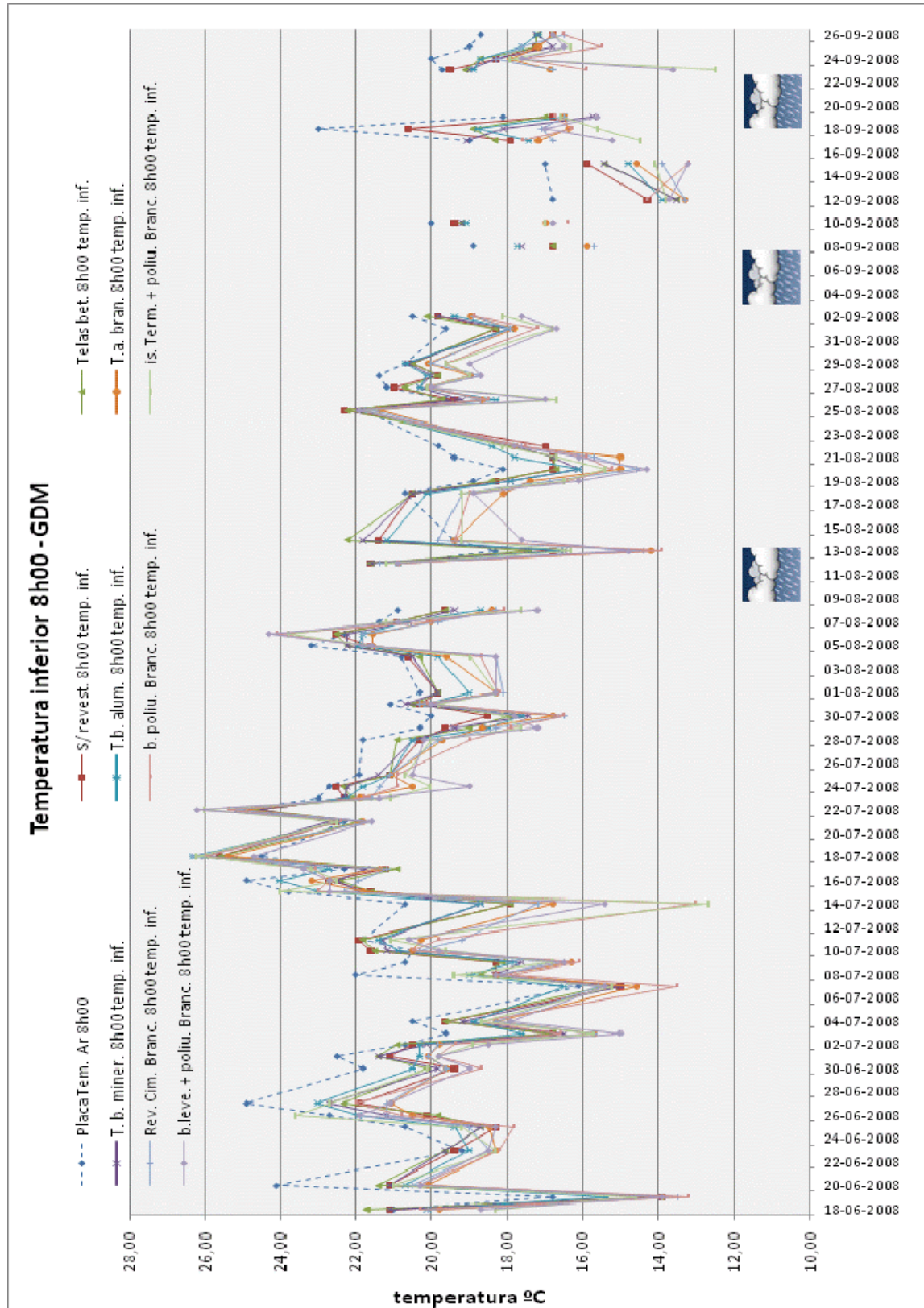


Fig. 5.15 - Gráfico comparativo da temperatura da superfície inferior das placas e temperatura ambiente às 8h00, no local inicial

5.2.4 TEMPERATURAS – 14h00

Às 14h00, os valores das placas diferem, ou seja, existem grandes diferenças nos valores obtidos, em particular quando se comparam as telas betuminosas, de cor escura, com os revestimentos brancos. No entanto, constata-se que a generalidade das placas apresenta temperaturas mais elevadas que a temperatura ambiente, identificada na **figura 5.16** a tracejado e azul.

Constata-se ainda que as telas betuminosas (cor verde) são as que apresentam valores mais elevados.

A linha superior do gráfico 5.16 corresponde à parte superior da placa revestida com telas betuminosas. Podemos observar que em alguns dias a diferença entre a temperatura ambiente e a das telas betuminosas de cor preta atinge os 25°C. A ordem das linhas respeita a numeração das placas, anteriormente apresentada.

A **figura 5.17** mostra-nos o gráfico representativo dos valores da temperatura superficial da placa revestida com telas betuminosas e da placa revestida com impermeabilizante à base de poliuretano.

Analisando o gráfico, constatámos que nos dias em que o tempo esteve encoberto, as temperaturas superficiais ficaram mais próximas. De igual modo, observámos que, no início de Setembro, há uma quebra na leitura dos valores, correspondendo aos dias de chuva. Após esta quebra, as temperaturas superficiais voltaram a aproximar-se, em consequência da ocorrência de dois dias com muita nebulosidade.

As maiores diferenças térmicas verificam-se nos dias mais quentes, no fim de Junho e início de Julho.

A placa revestida com telas betuminosas apresenta temperaturas mais elevadas do que a placa revestida com impermeabilizante à base de poliuretano. A amplitude térmica é, em alguns dias, acentuada.

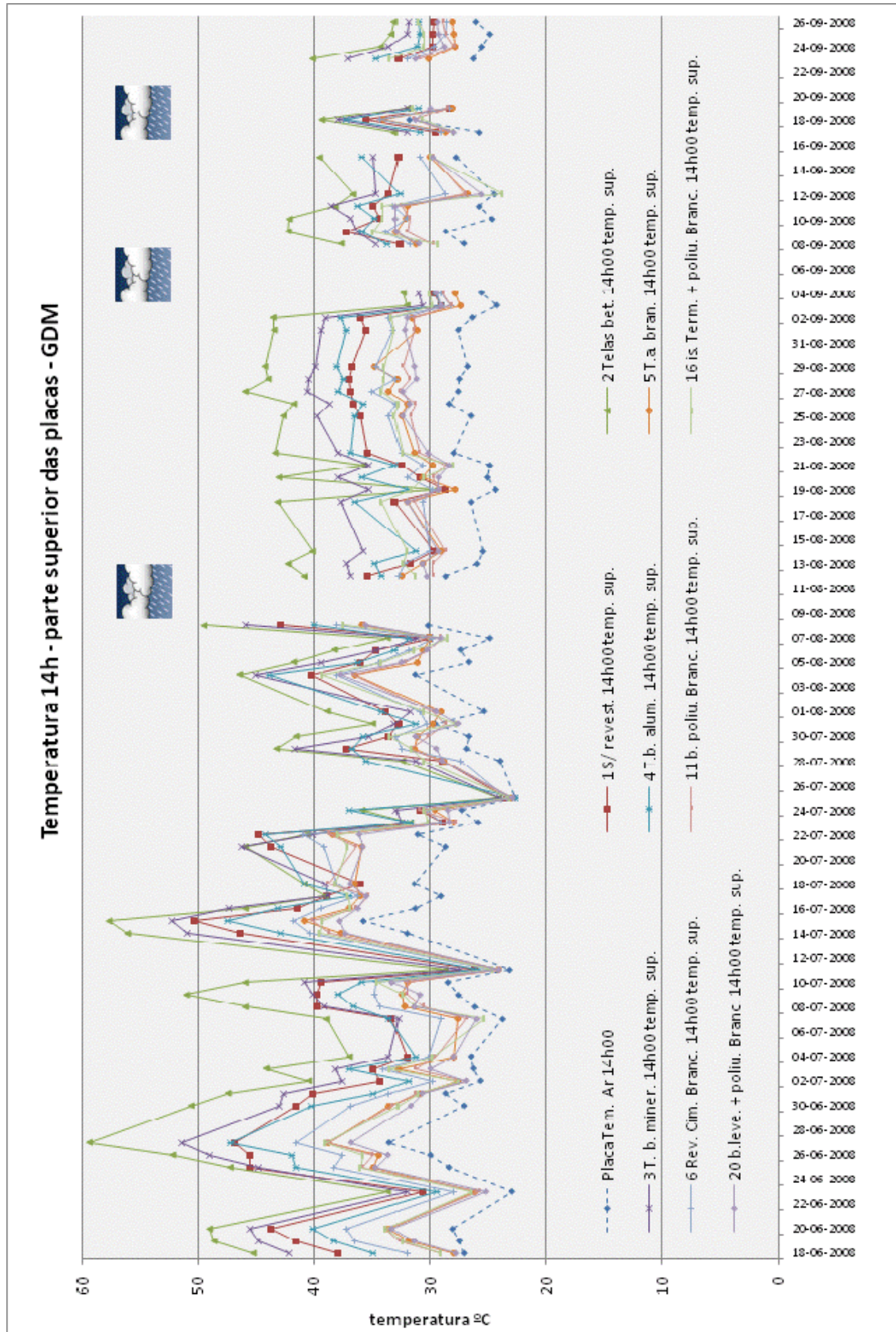


Fig. 5.16 - Gráfico resumo das temperaturas superficiais superiores às 14h00, local inicial

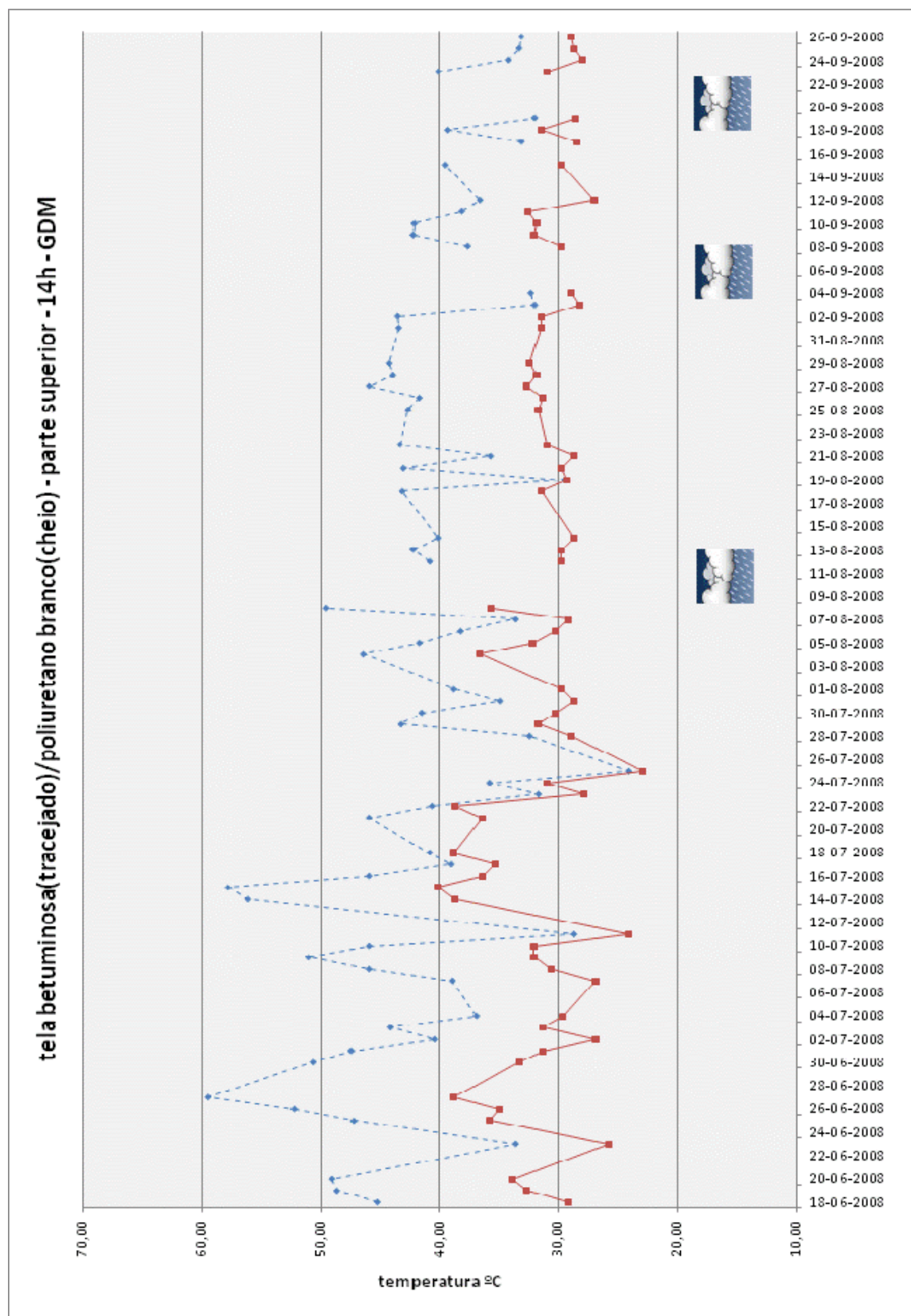


Fig. 5.17 - Gráfico comparativo da temperatura superficial da placa revestida com telas betuminosas e da placa revestida com impermeabilizante à base de poliuretano

A seguir, na **figura 5.18**, o gráfico apresenta os valores registados na parte superior e inferior da placa 2, revestida com telas betuminosas, às 14h00.

A placa 2 atinge elevadas temperaturas superficiais. Comparando os dois gráficos, 5.17 e 5.18, vemos que a parte inferior da placa revestida com telas betuminosas atinge valores superiores aos das placas com acabamento a Poliuretano branco (parte superior).

Na **figura 5.19**, podemos analisar e comparar os registos das temperaturas da superfície superior e inferior da placa 11, revestida com poliuretano branco, às 14h00.

Na placa 11, com impermeabilização à base de poliuretano branco, sem isolamento térmico, praticamente não se verificam diferenças entre as duas superfícies, apesar de uma estar exposta ao sol.

Na **figura 5.20** a seguir, vamos comparar a temperatura da superfície superior da placa 11 (verde) com impermeabilização à base de poliuretano branco sem isolamento térmico, e da placa 16 (vermelho) com impermeabilização à base de poliuretano branco sobre isolamento térmico, poliestireno extrudido. Regista-se também a temperatura ambiente às 14h00 (azul). O gráfico da figura 5.20 apresenta esses valores.

Analisando o gráfico da **figura 5.20**, pode-se observar que a temperatura superficial da placa 16 com isolamento térmico, poliestireno extrudido, é, na maioria das medições, ligeiramente superior à placa 11, com o mesmo acabamento, sem isolamento térmico. As duas placas apresentam valores superiores à temperatura ambiente.

Tal como anteriormente mencionado, o poliestireno extrudido reduz muito a transmissão térmica entre a base e os materiais impermeabilizantes, ou seja, nos picos de calor, os produtos sobre este isolante térmico não são influenciados pela superfície onde estão aplicados. Do mesmo modo, no período nocturno, quando não existe radiação solar, os mesmos materiais atingem valores inferiores, quando comparados com as placas em que os impermeabilizantes são aplicados directamente na lajeta de betão. Este facto foi referido nos itens anteriores, nomeadamente na análise das temperaturas às 8h. Deve-se ao menor armazenamento de calor por parte das lajetas, uma vez que é sobretudo a camada superficial que aquece, perdendo o calor, muito rapidamente.

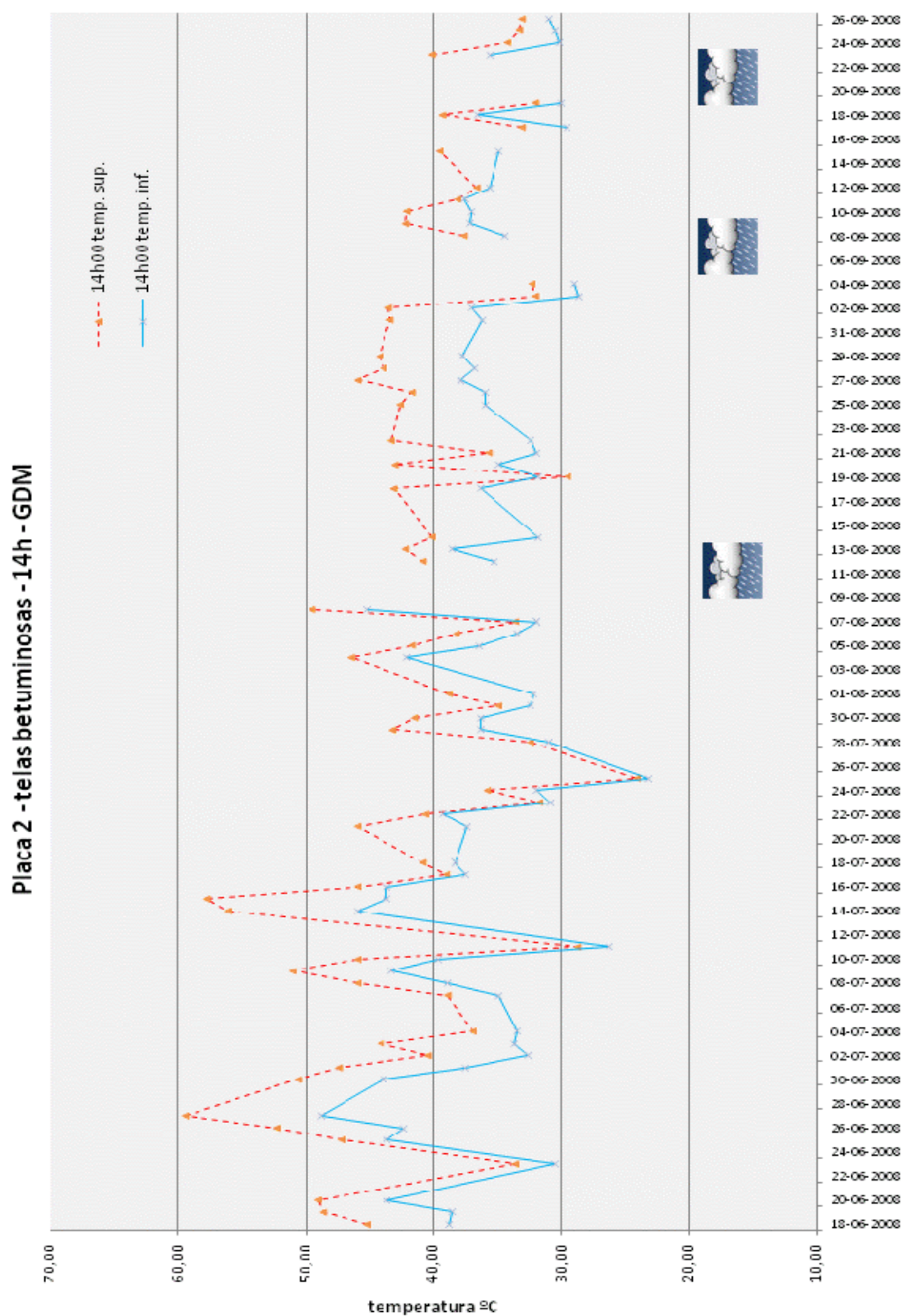


Fig. 5.18 - Gráfico comparativo da temperatura superficial superior e inferior da placa revestida com telas betuminosas

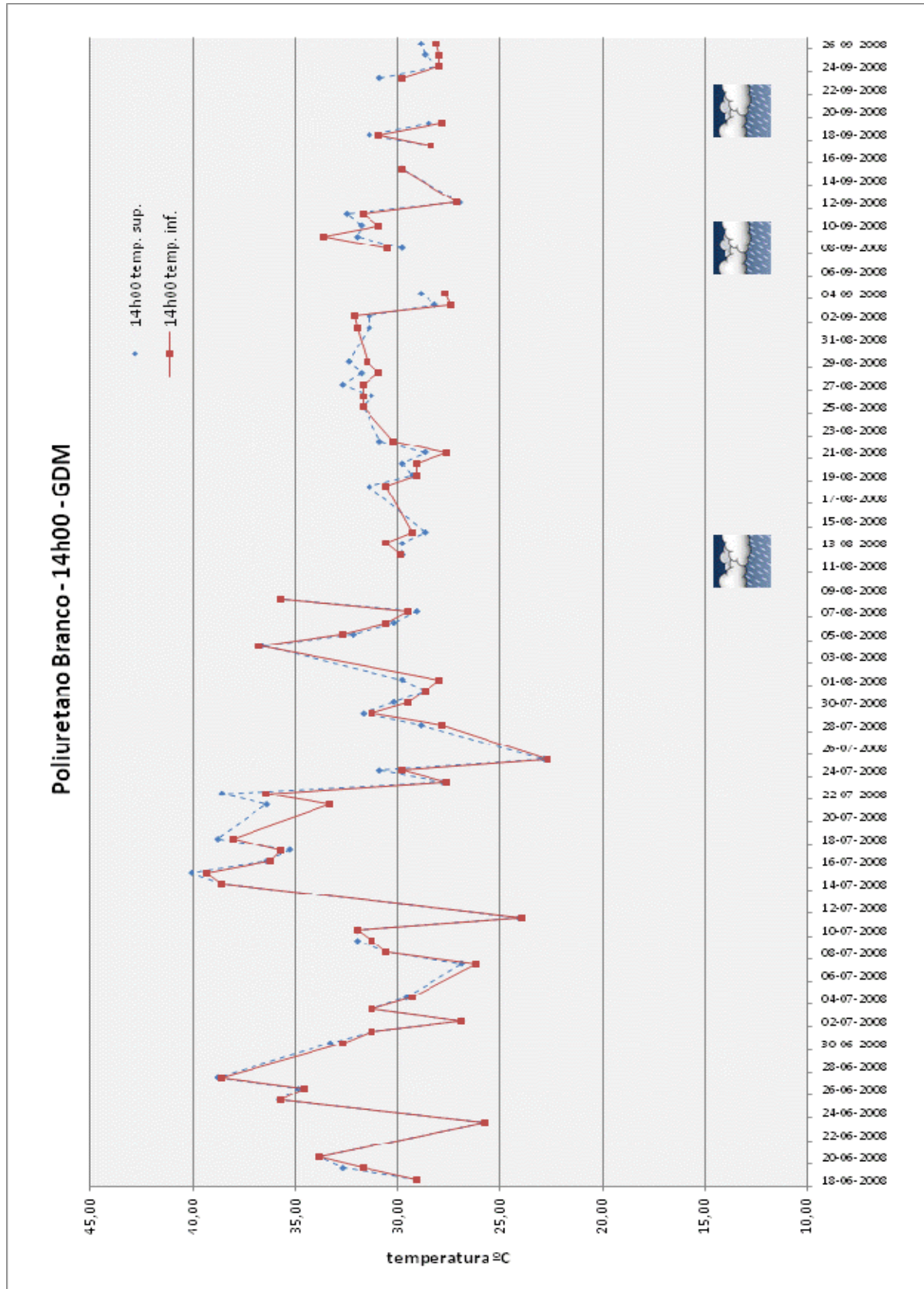


Fig. 5.19 – Gráfico comparativo da temperatura superficial superior e inferior da placa revestida com Poliuretano Branco

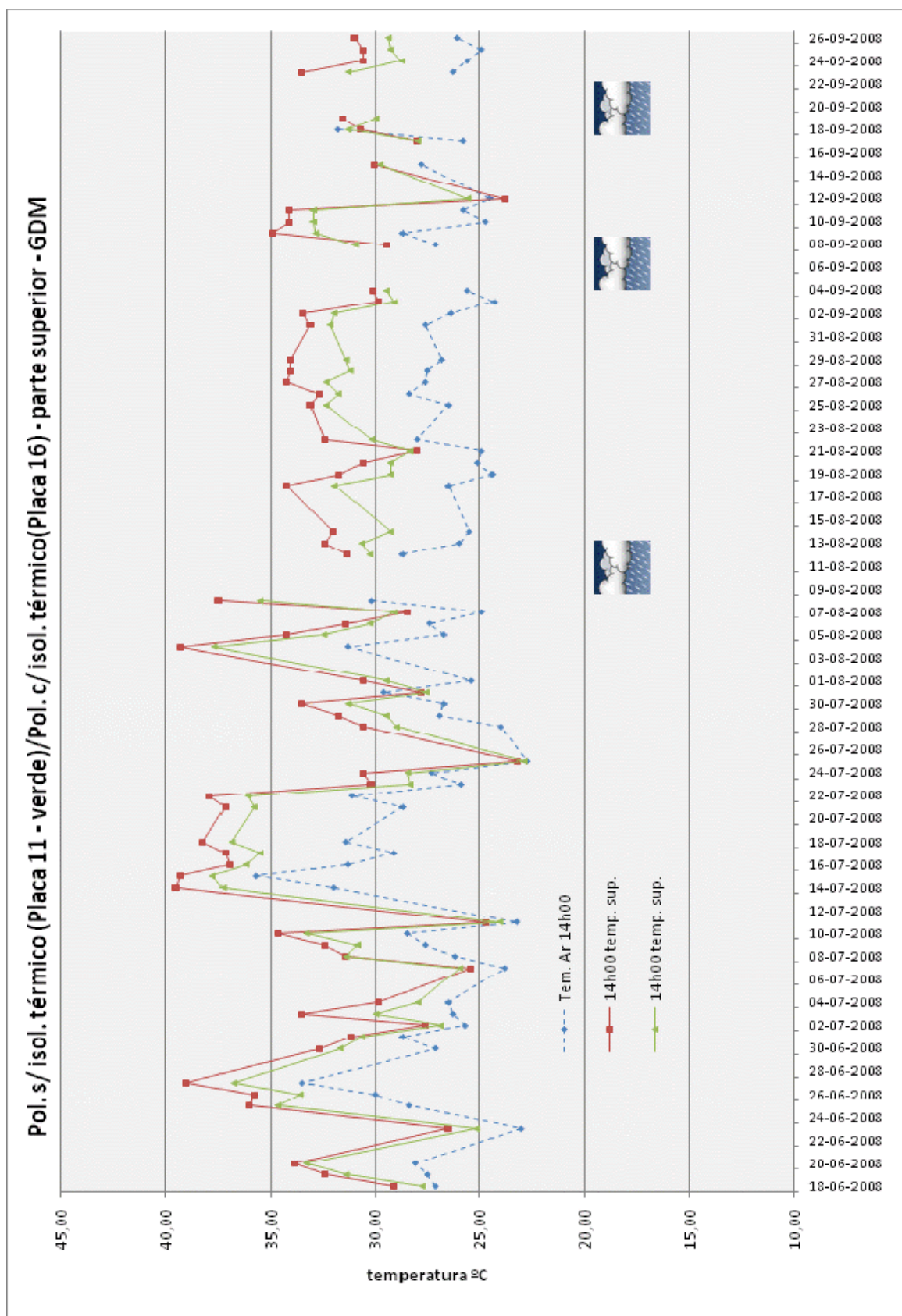


Fig. 5.20 – Gráfico comparativo da temperatura superficial superior das placas 11 e 16

Vamos de seguida observar e analisar, comparando os valores registados, no gráfico da **figura 5.21**, referentes à temperatura da superfície superior da placa 11 (cinza) com impermeabilização à base de poliuretano branco e a placa 19 (vermelha) com impermeabilização à base de poliuretano branco sobre betão leve. Indica-se também a temperatura ambiente às 14h00 (azul tracejado).

Comparando a placa com betão leve (isolamento térmico) revestida com poliuretano branco (placa 19) com a placa 11 (poliuretano branco, sem isolamento térmico), constatámos o contrário do verificado no gráfico da figura 5.20, ou seja, a temperatura superficial da placa com betão leve é ligeiramente inferior à sua congénere sem o isolamento térmico.

Esta situação pode ser explicada pela diferença de condutibilidade dos materiais envolvidos. Em alguns dias, são as placas com betão leve que têm uma temperatura mais elevada e noutros não. O que acontece aqui é que a diferença de condutibilidade do betão e do betão leve não é tão acentuada, como com o isolante térmico. Por outro lado, o betão das placas tem uma maior capacidade de armazenamento de calor.

Contudo, estes valores são pouco significativos e estão relacionados com a incidência da temperatura ao longo do dia. Na realidade, a conclusão a tirar é que não existem diferenças muito relevantes entre as duas situações.

De igual modo, comparando as placas 6 e 11, respectivamente com o revestimento cimentício branco (cor vermelha) e com a impermeabilização à base de poliuretano branco (cor verde), verifica-se que o primeiro apresenta valores ligeiramente superiores, em relação ao segundo. O gráfico da **figura 5.22** apresenta esses valores. A cor castanha representa a temperatura do ar às 14h00.

Observando o gráfico acima, podemos observar que efectivamente os valores referentes ao revestimento cimentício (cor vermelha) são ligeiramente superiores.

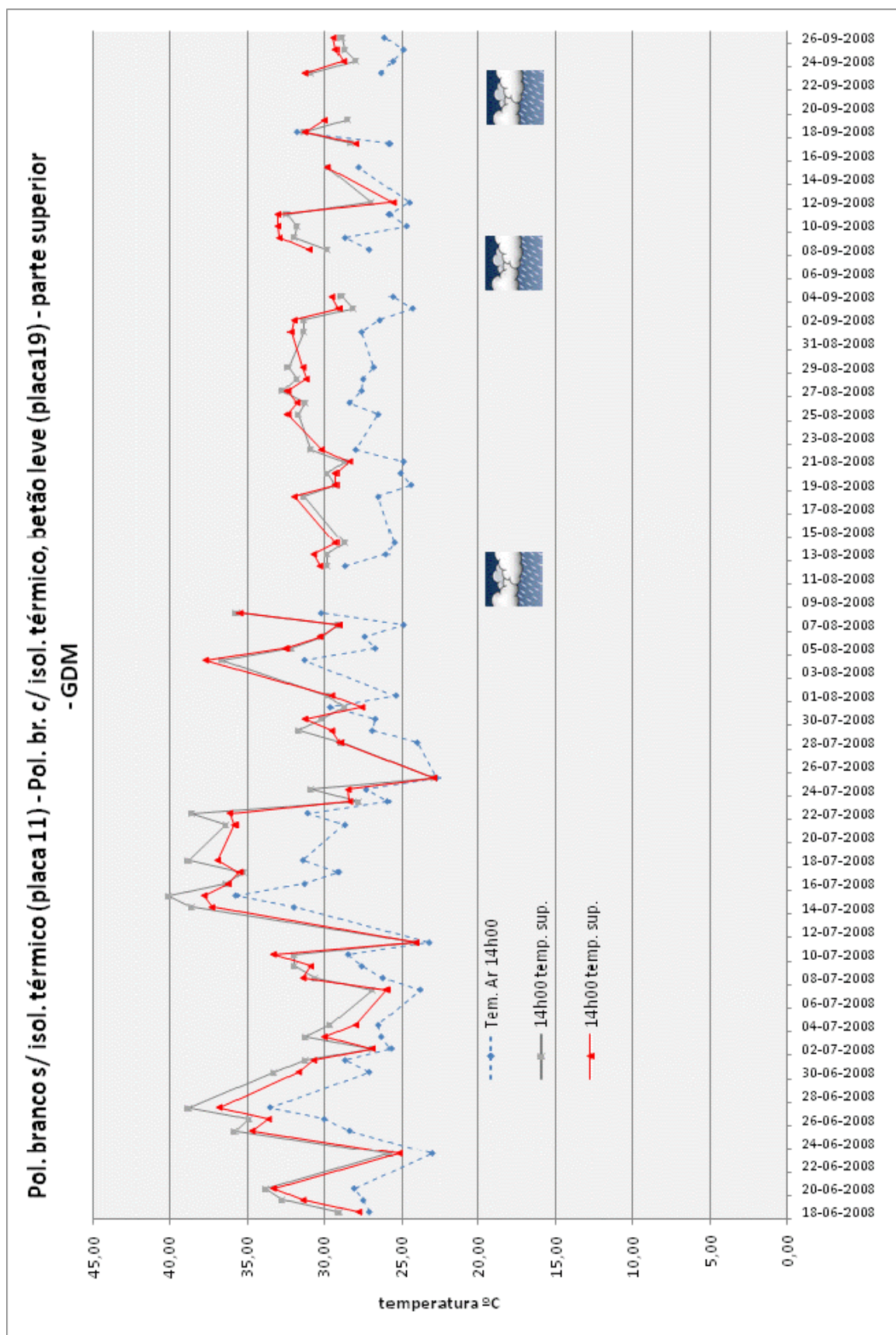


Fig. 5.21 - Gráfico comparativo da temperatura superficial superior das placas 11e 19

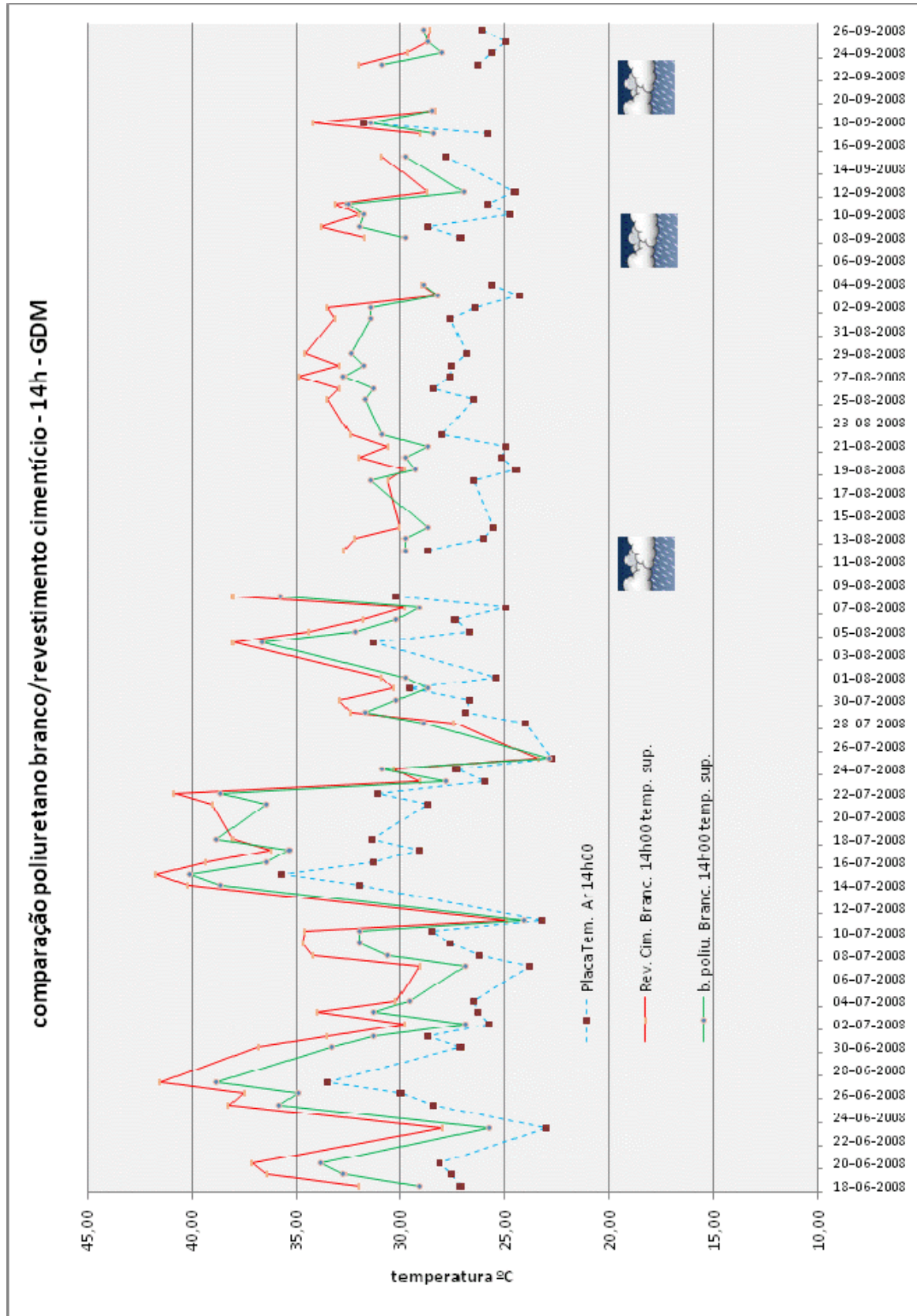


Fig. 5.22 - Gráfico comparativo da temperatura superior das placas 6 e 11

Vamos, a seguir, comparar valores entre as duas plataformas de trabalho.

Como anteriormente foi enunciado, apenas se efectuou registo de valores durante 5 dias.

O Gráfico da **figura 5.23** refere os dados da temperatura superior da placa 3 (telas betuminosas nos dois locais de medição). A cor vermelha refere a placa do local inicial de medição. A cor azul refere a placa colocada junto ao mar, segundo local de medição.

O dia em que não se efectuou medição corresponde a um dia de chuva. Nos dias 17 e 19 de Setembro, o céu esteve nublado. Este facto justifica a semelhança dos valores medidos.

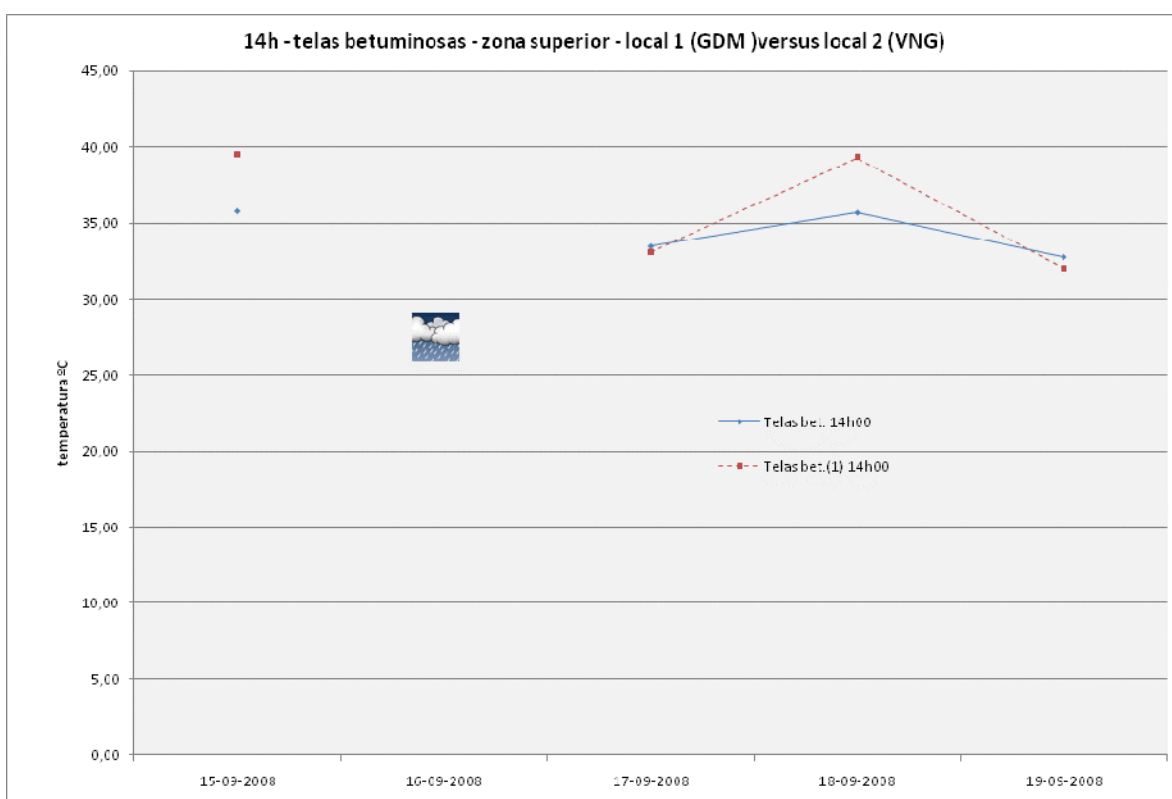


Fig. 5.23 - Gráfico comparativo da temperatura superior da placa 3 nos dois locais de medição

Podemos ver que entre as duas plataformas de trabalho, há uma diferença de temperatura próxima de 5 graus. Nos dias 17 e 19, os valores registados são muito próximos, devido às condições atmosféricas. Comparando as amplitudes térmicas entre os dois locais, vemos que são maiores no 1º local.

5.2.5 TEMPERATURAS – 18h00

Às 18h00, as temperaturas das placas são claramente diferentes da temperatura ambiente. Em alguns casos, a parte inferior das placas atinge valores mais elevados que a parte superior, exposta aos raios solares (mas já a perder calor).

No gráfico a seguir da **figura 5.24**, podemos observar e comparar os dados referentes à temperatura do ar (tracejado), com a temperatura superficial superior e inferior da placa 2, revestida com telas betuminosas.

Como se poderá observar, nesse gráfico, a linha superior de cor vermelha corresponde à parte superior da placa 2 (telas betuminosas), a linha verde corresponde à parte inferior da placa, a linha inferior (a azul) corresponde à temperatura ambiente do ar, às 18h.

Comparando os registos da placa 2 com a temperatura ambiente, observámos uma clara diferença de valores. As telas betuminosas de cor escura apresentam valores elevados, na superfície superior e inferior, quando comparados com a temperatura ambiente. Esta situação é mais visível nos dias de sol.

Os gráficos a seguir, das **figuras 5.25 e 5.26**, representam respectivamente os valores da temperatura da superfície superior e inferior das placas envolvidas na nossa experiência, às 18h00. A ordem das linhas respeita a numeração das placas, anteriormente apresentada.

Observando e analisando a figura 5.25, podemos ver que existem dias em que a diferença de temperatura entre a parte superficial superior da placa (telas betuminosas), identificada a verde, e a temperatura ambiente, identificada a tracejado, atinge os 15°C, nunca sendo inferior a 8°C, na generalidade do período objecto de medição.

No gráfico da figura 5.26, podemos ver também que se registam diferenças semelhantes às verificadas no gráfico 5.25, entre as temperaturas (ambiente/superficial inferior).

Esta situação provoca desconforto no interior das construções, uma vez que ao anoitecer esta diferença será certamente maior, funcionando as coberturas como um radiador para o ar interior.

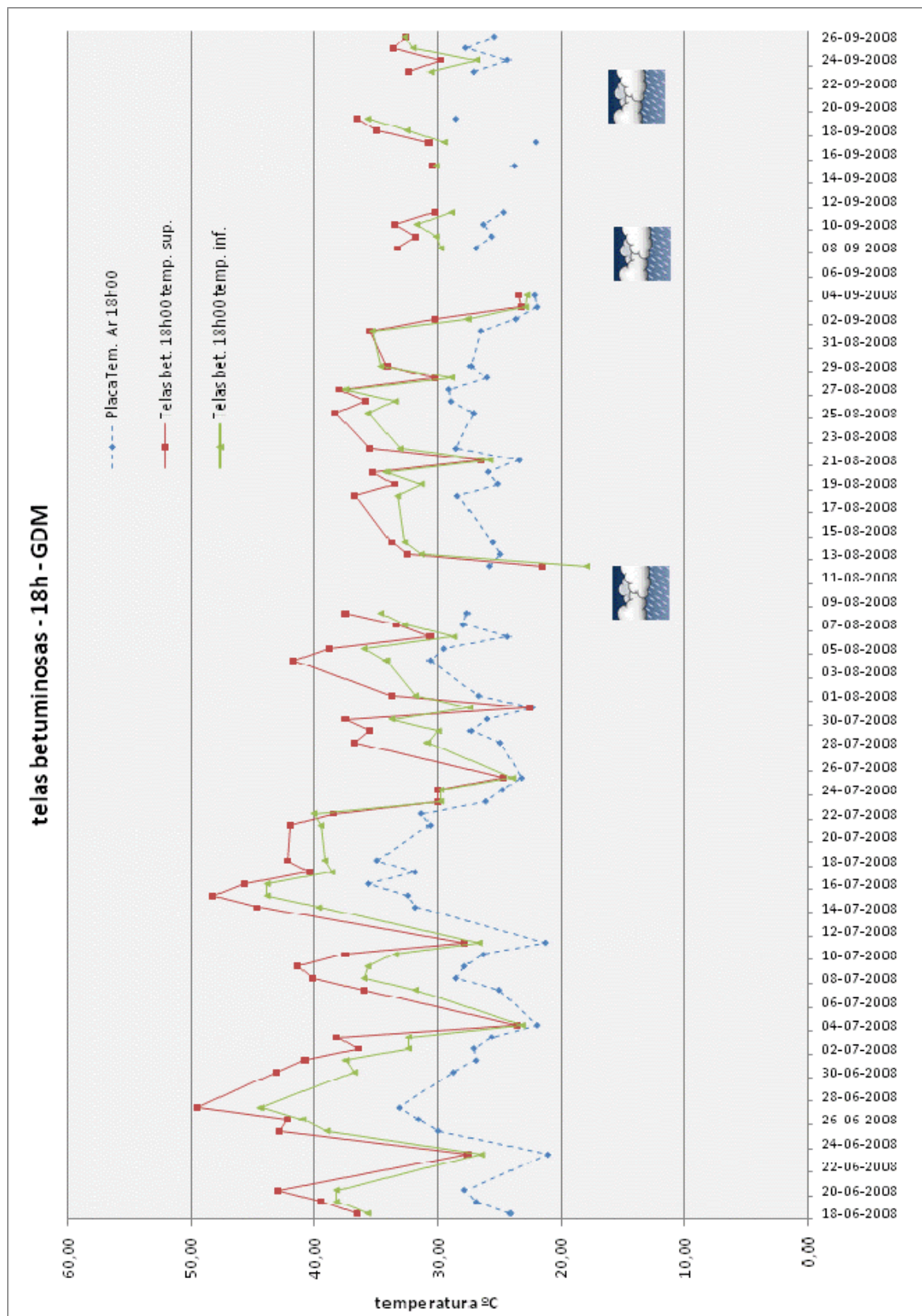


Fig. 5.24 - Gráfico comparativo da temperatura do ar e da temperatura superficial superior e inferior da placa 2, revestida com telas betuminosas

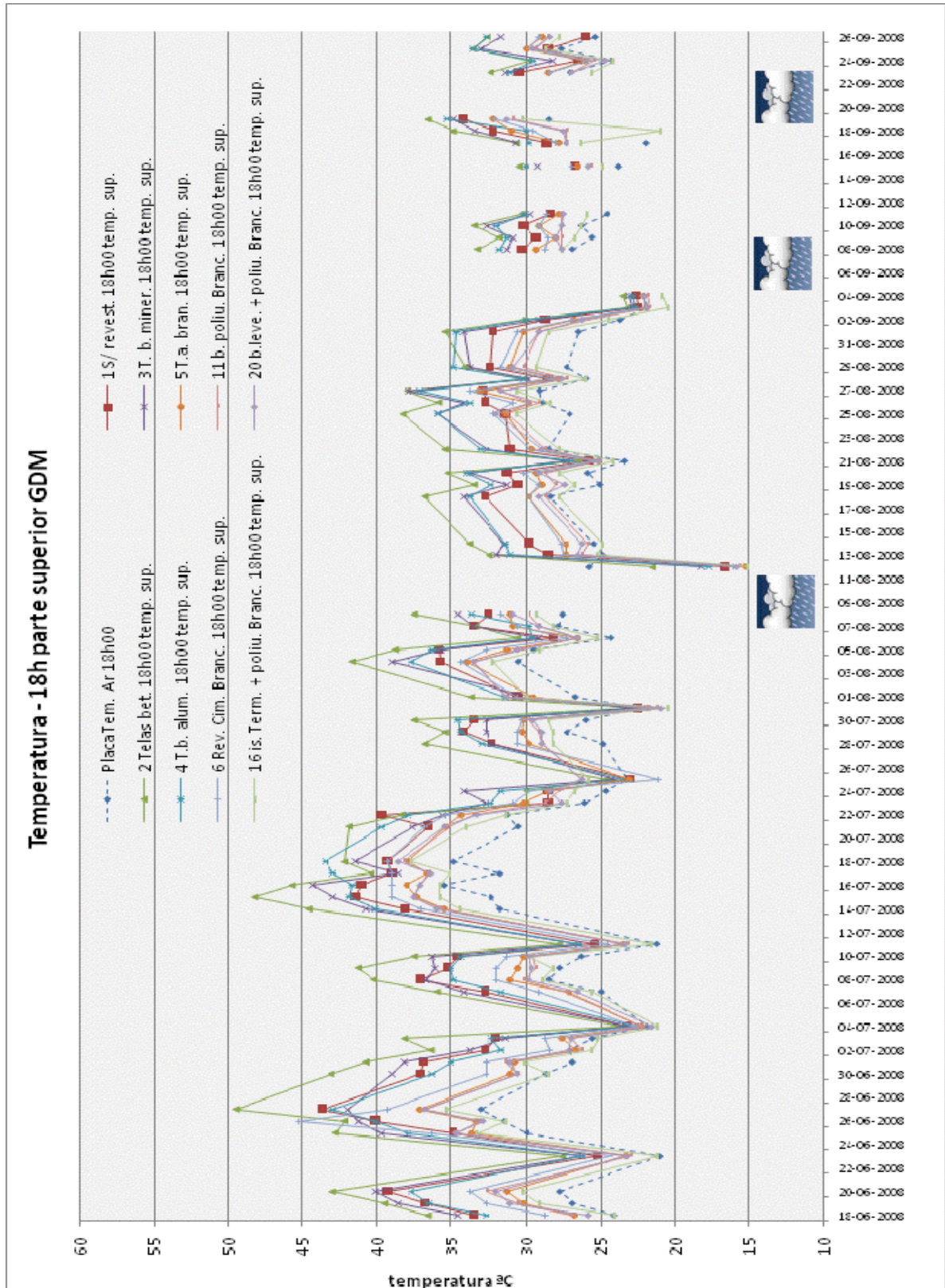


Fig. 5.25 - Gráfico resumo das temperaturas superiores das placas, às 18h00

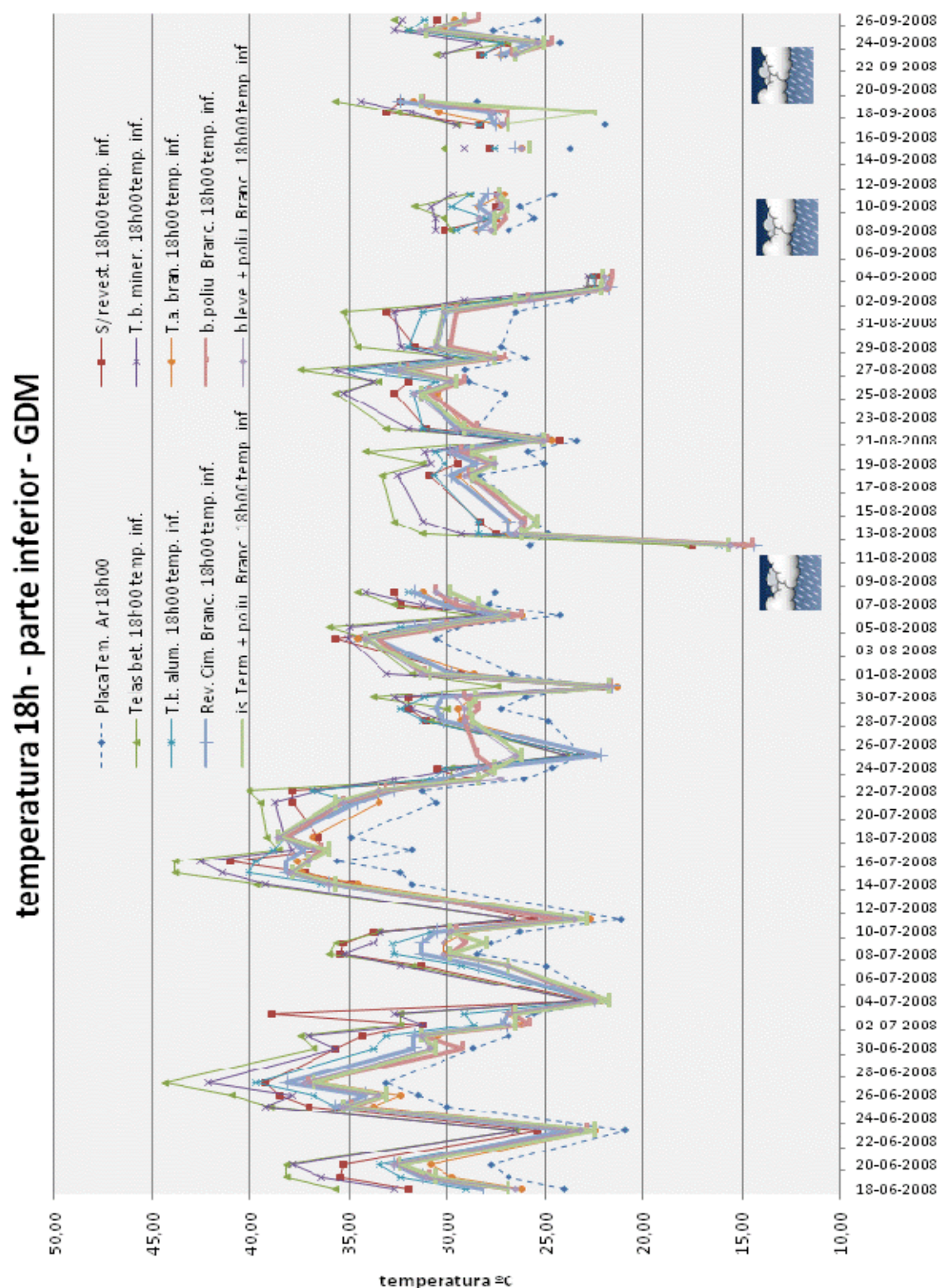


Fig. 5.26 – Gráfico resumo comparativo da temperatura da face inferior das placas, às 18h00

No gráfico da **figura 5.27**, vamos analisar e comparar a temperatura inferior das placas 11, 16 e 19.

A placa 11 foi impermeabilizada com poliuretano sem isolamento térmico, a placa 16 foi impermeabilizada com poliuretano branco sobre isolamento térmico poliestireno extrudado e a placa 19 foi impermeabilizada com poliuretano branco sobre isolamento térmico betão leve.

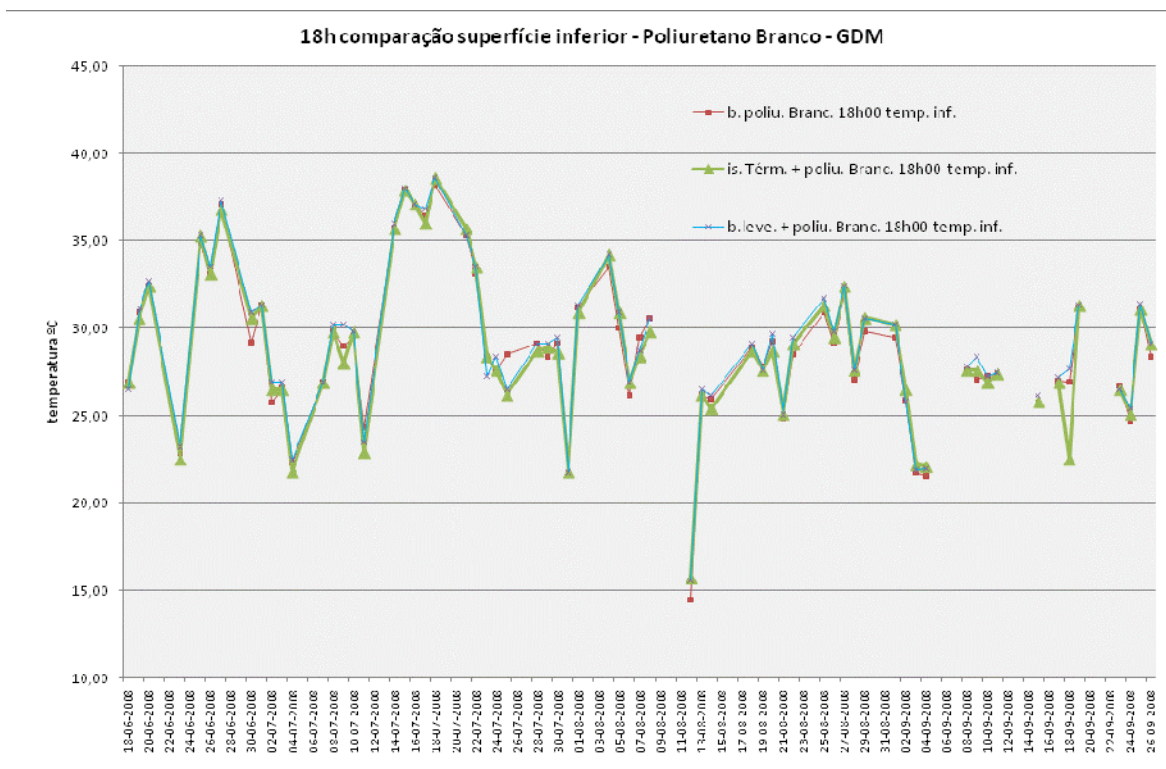


Fig. 5.27 – Gráfico comparativo das temperaturas das placas 11, 16 e 19

Não existe variação significativa das temperaturas superficiais inferiores das placas com aplicação de impermeabilizante à base de poliuretano com e sem isolamento térmico. Convém referir que comparamos as placas com o mesmo sistema de impermeabilização.

Vamos a seguir comparar os valores das duas plataformas de trabalho, às 18h00, no gráfico da **figura 5.28**. A cor vermelha indica o local inicial e a cor azul indica a segunda plataforma de medição, junto ao mar.

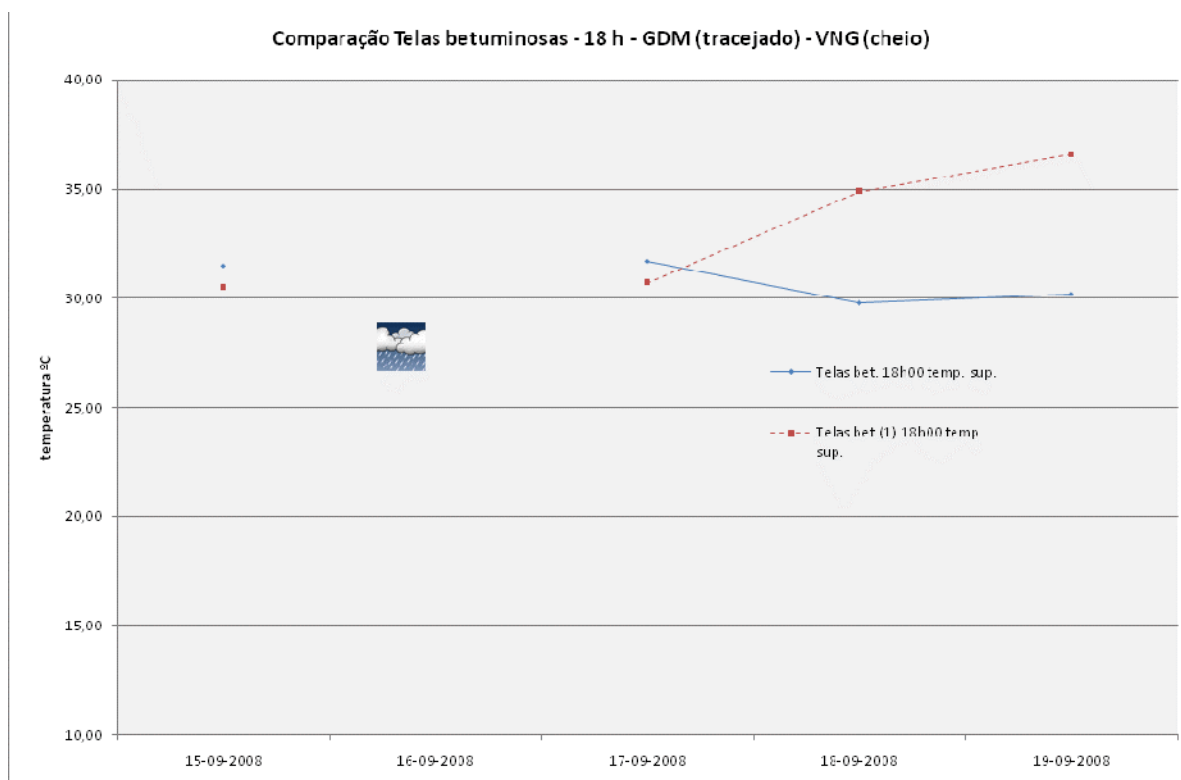


Fig. 5.28 – Gráfico comparativo das temperaturas entre as duas plataformas de trabalho, às 18h00

Comparando as temperaturas superficiais das telas betuminosas, às 18h, entre os dois locais de medições, constata-se que no local inicial registam-se valores ligeiramente inferiores, nos dois primeiros dias, devido às condições atmosféricas.

Quando estas estabilizam, com predominância de sol e céu limpo, a diferença de temperaturas é inversa, ou seja, a temperatura junto ao mar é mais baixa. A placa situada junto ao mar, como seria de prever, atinge valores inferiores, na ordem dos 7°C.

5.2.6 COMPARAÇÃO DE TEMPERATURAS - 8H00, 14H00 E 18H00

Neste subcapítulo, pretende-se demonstrar as amplitudes térmicas dos diferentes materiais de impermeabilização utilizados, efectuando a comparação das três medições diárias.

Neste sentido, apresentam-se alguns gráficos demonstrativos dos diferentes registos observados.

Na **figura 5.29**, pode-se verificar a comparação da placa 2, revestida com telas betuminosas, com a placa 11, revestida com impermeabilizante à base de poliuretano, no local inicial de medição, Gondomar. Apenas se indica a diferença entre a temperatura máxima, registada às 14h00 e a temperatura mínima registada às 8h00, da parte superior das placas (amplitude térmica).

Está mencionada a amplitude térmica do ar às 8h e 14h, a tracejado.

Como se pode constatar, as telas betuminosas, placa 2, apresentam enormes amplitudes térmicas, chegando mesmo a ultrapassar os 35°C em alguns dias, o que corresponde a um valor médio de aproximadamente 24°C, face ao período durante o qual decorreu a experiência.

Em contraponto, o poliuretano branco, placa 11, apresenta amplitudes consideravelmente menores, ultrapassando os 20°C apenas um dia. O valor médio da amplitude térmica é aproximadamente 14°C.

Importa referir que o valor médio da amplitude térmica do ar, no mesmo período experimental, é cerca de 8°C.

Na figura **5.30**, está indicado um gráfico comparativo das amplitudes térmicas das placas 11, 16 e 19, em Gondomar. Tal como na figura 5.29, apenas se menciona a amplitude térmica em relação à zona superficial dos elementos. Como anteriormente citado, a placa 11 tem impermeabilização à base de poliuretano branco, sem isolamento térmico, e as placas 16 e 19 têm isolamento térmico, a primeira o poliestireno extrudido e a segunda o betão leve sob o impermeabilizante de cor branca.

Verifica-se que a placa 16 apresenta um valor médio de amplitude térmica, face ao período experimental, na ordem dos 15,5°C, cerca de um grau superior à placa 11 e 19, que apresentam sensivelmente o mesmo valor médio.

Na **figura 5.31**, está representado um gráfico comparativo da amplitude térmica superior e inferior da placa 6, revestimento cimentício, e placa 11, poliuretano branco. Constata-se que as linhas, salvo algumas exceções, misturam-se, procurando descrever uma linha conjunta. Esta situação indica-nos que o aquecimento da parte superior cresce e/ou diminui, na mesma proporção que na parte inferior das placas.

Constata-se ainda que na placa 6, o valor médio da amplitude térmica da parte superior e inferior é sensivelmente o mesmo, igual a 14°C. Na placa 11, existe uma pequena diferença, ou seja, na parte superior verifica-se um valor médio de cerca de 15,5°C, enquanto na parte inferior se regista um valor aproximadamente de 13,5°C.

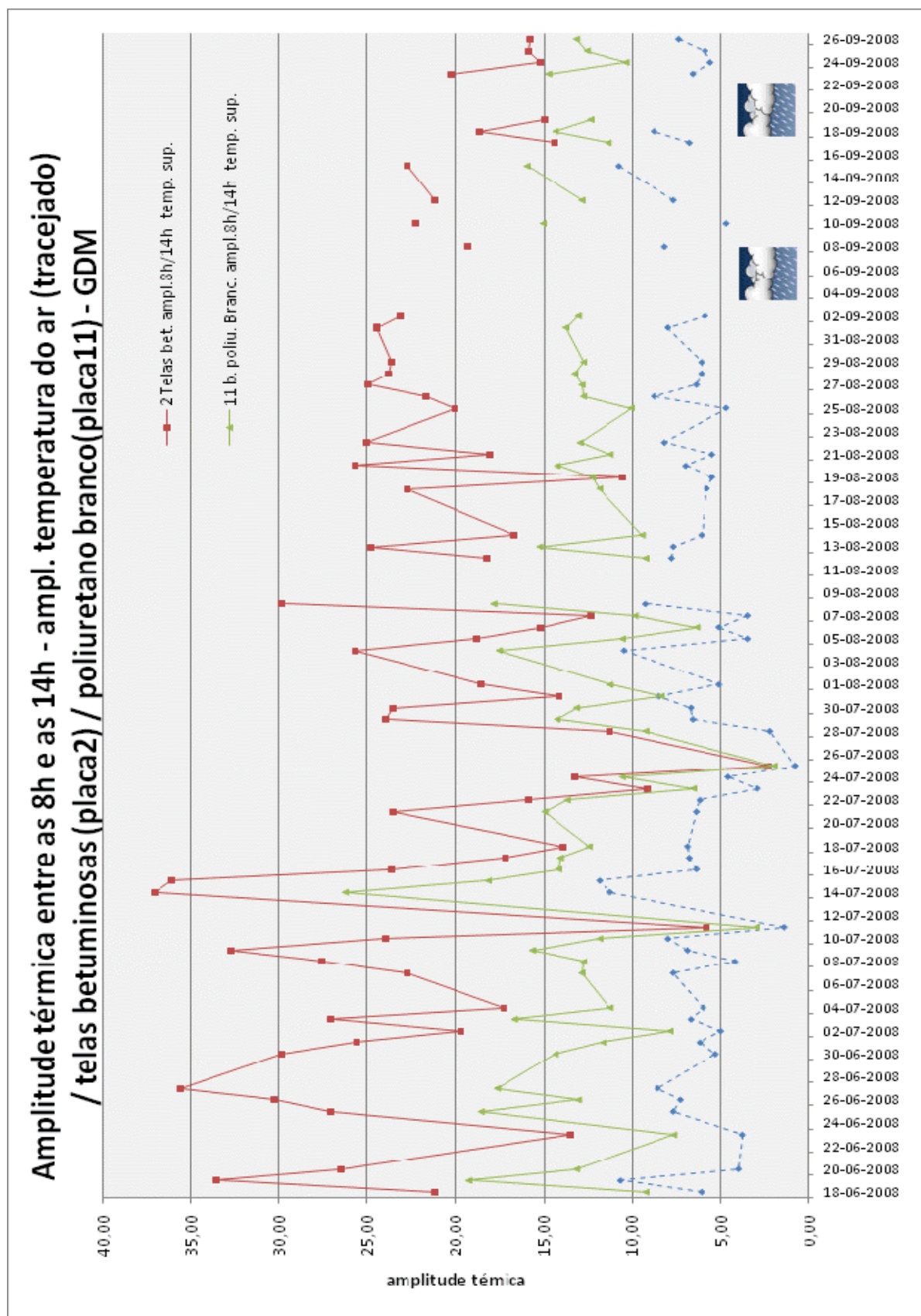


Fig. 5.29 – Gráfico comparativo da amplitude térmica (8h/14h) da placa 2 e 11

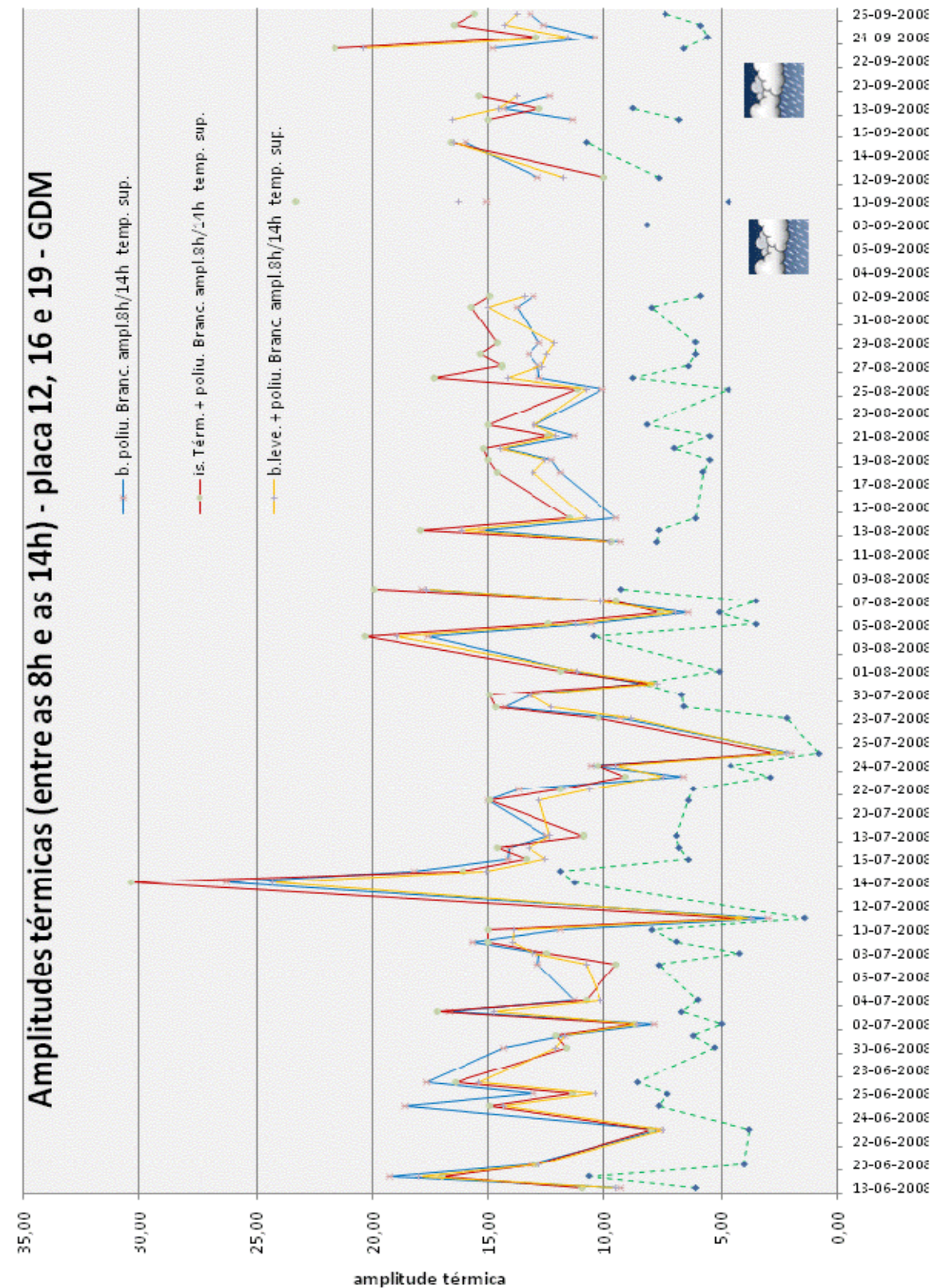


Fig. 5.30 – Gráfico comparativo da amplitude térmica (8h/14h) das placas 12, 16 e 19

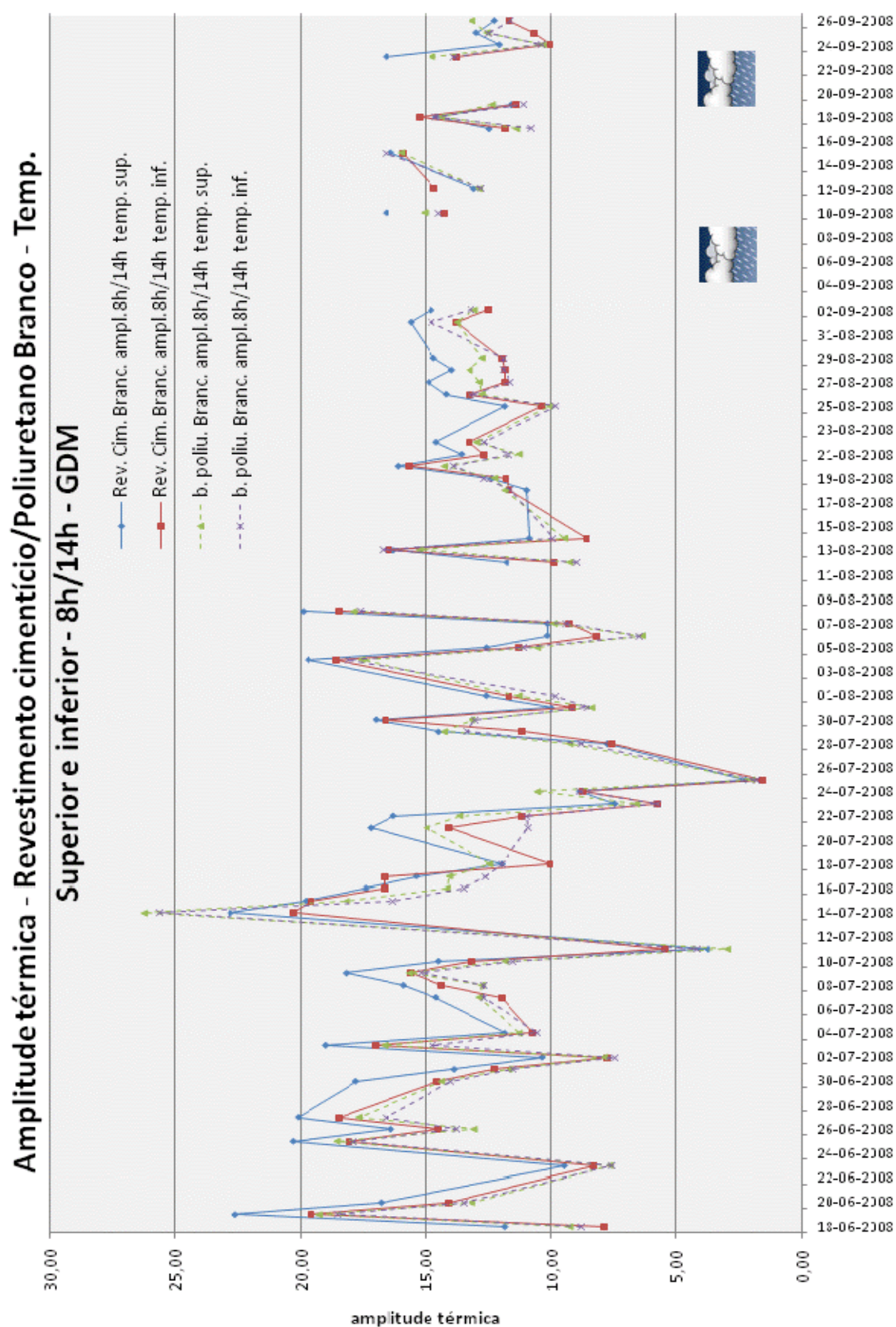


Fig. 5.31 – Gráfico comparativo da amplitude térmica (superior/inferior - 8h/14h) das placas 6 e 11

Não se apresenta qualquer gráfico de comparação de amplitudes térmicas do segundo local de medição porque, tal como atrás referido, pelas 8h, não era possível medir temperaturas superficiais, uma vez que as placas estavam húmidas.

De igual forma, não se apresenta qualquer gráfico com amplitudes térmicas referentes às medições efectuadas pelas 18h. Os valores registados são semelhantes aos verificados às 14h, com algumas alterações já mencionadas nos subcapítulos anteriores.

5.2.7 ANOMALIAS /PATOLOGIAS DETECTADAS

Além da constatação das amplitudes térmicas com diferentes tipos de impermeabilização/reabilitação de coberturas planas, constataram-se algumas anomalias que podem constituir base para recomendações, na aplicação dos diversos sistemas.

Neste sentido, apresenta-se uma série de imagens com a descrição do problema detectado.

Na **Figura 5.32**, pode-se observar o destacamento das telas betuminosas da base. A imagem refere-se à placa 13, telas betuminosas com acabamento mineralizado, reabilitadas com produtos à base de Poliuretano Branco.



Fig. 5.32 – Pormenor do destacamento da tela betuminosa (placa 13)

Face ao exposto, pode-se concluir que a utilização do sistema de impermeabilização de poliuretano implica a avaliação da aderência da camada subjacente, de forma a evitar incompatibilidades entre os materiais em contacto. É conveniente uma especial atenção às soluções de impermeabilização sobre isolantes de elevada resistência térmica.

Na **figura 5.33**, a placa 12, revestida com telas betuminosas e reabilitada com Poliuretano Branco, também apresenta destacamento, embora menos evidente que a placa 13. Isto evidencia a 'débil' fixação das telas betuminosas à base, não existindo qualquer incompatibilidade entre a ligação dos materiais impermeabilizantes (telas/poliuretano). Isto permite-nos inferir que deve haver especiais cuidados, em particular, na fixação das telas à base.



Fig. 5.33 – Pormenor do destacamento da tela betuminosa (placa 12)

Na **figura 5.34**, na placa revestida com poliestireno extrudido, sob o impermeabilizante à base de poliuretano branco, placa 16, verificou-se a presença de gotas de água pela manhã, impossibilitando a realização de algumas medições.

Verificou-se também que esta situação apenas se verificava nos elementos onde foi aplicado poliestireno extrudido.



Fig. 5.34 – Pormenor referente à presença de gotas de água (placa 16)

A situação acima descrita, à excepção do mês de Julho, foi verificada na generalidade dos dias.

Nos dias mais frios, mais concretamente naqueles em que as temperaturas nocturnas apresentaram valores mais baixos, em Setembro, verificou-se também a presença de humidade em algumas outras placas que foram objecto da aplicação de impermeabilizante à base de poliuretano branco.

Convém referir que essa humidade apenas se constatou nas placas em que se verificou destacamento, ou seja, nas placas com telas betuminosas revestidas com impermeabilização à base de poliuretano.

A humidade observada não tinha a mesma expressão dos elementos com poliestireno extrudido, figura 5.35, ou seja, era em quantidade menor.

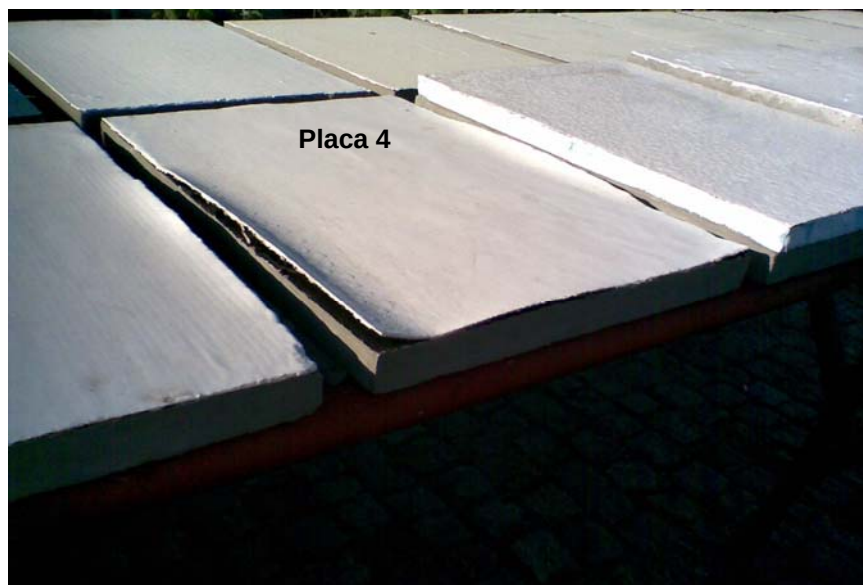


Fig. 5.35– Pormenor referente à presença de gotas de água (placa 4)

As placas que foram reabilitadas com revestimentos cimentícios não apresentaram sinais de destacamento ao nível das telas betuminosas, nem sinais de humidade, mesmo aquelas que possuem poliestireno extrudido. Apenas nos dias mais frios, tal como acima mencionado, em Setembro, a placa 20, revestimento cimentício sobre poliestireno extrudido, apresentou algum sinal de humidade.

A placa com o sistema de impermeabilização à base de poliuretano, **figura 5.36**, aplicado directamente sobre a base, placa 11, não apresentou quaisquer problemas de destacamento.



Fig. 5.36 – Placa com impermeabilização à base de poliuretano aplicado directamente na base

6. Conclusões

6.1 RESUMO DE RESULTADOS E CONCLUSÕES

Neste capítulo, apresenta-se uma síntese dos principais assuntos abordados e desenvolvidos, ao longo do nosso estudo. O trabalho desenvolvido teve em consideração algumas das preocupações que se deparam actualmente no processo construtivo, nomeadamente, ao nível das soluções construtivas disponíveis no mercado, com vista à selecção de outras que potenciam um futuro mais sustentável.

Depois de definido o nosso objecto de estudo, procedeu-se a uma limitação do campo de acção e à constituição da nossa amostra. A revisão da literatura tornou possível rever e aprofundar conhecimentos, conhecer novos motores de inovação, expressos pelo desenvolvimento de novos materiais, novos modelos de habitação, novas metodologias, novas tecnologias, novos equipamentos e novos processos de trabalho.

O estudo bibliográfico, sobre o objecto do nosso estudo, possibilitou-nos referenciar as seguintes observações, relativas ao **2º e 3º capítulo**:

- O investimento nas áreas da reabilitação e conservação de edifícios, no nosso País, continua ainda insuficiente, quando comparado com a realidade de muitos países da União Europeia. Nas últimas décadas, têm ocorrido importantes desenvolvimentos das tecnologias da construção, fruto de trabalhos de investigação, ensaios, debates, reuniões de técnicos, Cursos de Formação e outros. É uma realidade a evolução das correntes arquitectónicas e o aparecimento de novos materiais que têm contribuído para a mudança dos padrões de conforto dos utilizadores dos edifícios, cada vez mais exigentes ao nível térmico, acústico, visual e táctil;

- As coberturas planas em Portugal representam uma parcela significativa das coberturas de edifícios. A ocorrência de anomalias é muito frequente, apesar dos desenvolvimentos tecnológicos, da evolução das correntes arquitectónicas e do aparecimento de novos materiais. Das anomalias resultam prejuízos traduzidos em custos, algumas vezes, significativos, como limitações dos espaços;
- As patologias mais frequentes situam-se na superfície corrente e nas zonas periféricas da cobertura, nos dispositivos de recolha e evacuação de águas pluviais e em pontos singulares da cobertura. Relativamente à distribuição das anomalias na zona de cobertura, a maioria verifica-se nas zonas periféricas e na superfície corrente. Uma parte menos significativa situa-se nos dispositivos de recolha e evacuação de águas pluviais e em pontos singulares. Segundo a literatura existente, apontam-se mais de 80% dos defeitos a erros de concepção e aplicação;
- As anomalias referentes à execução e concepção estão associadas a factores diversificados, entre outros, ao desconhecimento das propriedades dos materiais e componentes aplicados, à não exigência de qualificação profissional, à não qualificação da mão-de-obra, à falta de sistematização do conhecimento, à ausência de informação técnica, novas preocupações arquitectónicas, ausência de incentivos à construção e outros;
- A prevenção dos defeitos de concepção e execução carece, não só de legislação adequada, mas também de listas de verificação e procedimentos normalizados. Acredita-se que a difusão da informação sobre patologias das coberturas planas, nomeadamente através de fichas de patologias, com carácter sistemático e ordenado, poderia contribuir para a redução do número de casos registados, como também um contributo para todos os intervenientes no processo construtivo. Considera-se fundamental a utilização de mão-de-obra especializada na execução dos trabalhos;
- De acordo com dados da investigação, sobre o comportamento dos materiais, os erros estão relacionadas com a não realização de estudos do comportamento dos materiais, antes da comercialização, com a homologação/certificação insuficiente e com o não investimento no desenvolvimento tecnológico;

- O revestimento de impermeabilização de coberturas em terraço deve garantir que sejam satisfeitas as exigências funcionais de segurança, de habitabilidade e de durabilidade, para corresponderem à satisfação das suas funções. Deve, de preferência, utilizar materiais homologados e certificados, cumprir as normas regulamentares vigentes;
- Os materiais têm sofrido melhorias técnicas significativas e são actualmente submetidos, na sua maioria, a testes exaustivos, por exigência dos processos de certificação da qualidade, em vigor, em muitos países. A maioria dos materiais de isolamento aplicados em coberturas em terraço funciona como suportes dos sistemas de impermeabilização dessas coberturas. Os materiais betuminosos têm constituído desde há muito tempo a base das soluções de impermeabilização de coberturas, em Portugal. A partir da década de 50, eram correntes o uso de soluções com base em várias camadas de emulsões betuminosas;
- O número de camadas a aplicar está relacionado com a função do suporte, da pendente ou da acessibilidade da cobertura, bem como do modo de ligação do revestimento ao suporte. A solução monocapa não está recomendada em coberturas com protecções pesadas. A cobertura convencional é mais estável em climas de baixas temperaturas, sendo a cobertura invertida mais eficaz em climas quentes;
- A utilização de materiais e sistemas tradicionais teve até à década de 70 uma larga aplicação, não só em Portugal, como na Europa. Actualmente, embora integrem ainda soluções de impermeabilização de coberturas em terraço, são menos aplicados no sistema construtivo;
- Os produtos líquidos ou em pasta utilizados na preparação de sistemas não tradicionais aplicados “in situ” têm geralmente, como base, uma resina. Existem outros produtos líquidos não-tradicionais que incorporam materiais betuminosos. Na década de 80, surgiram as primeiras membranas betuminosas modificadas. Inicialmente, o polímero incorporado na mistura betuminosa começou por ser o polipropileno atáctico (APP), sendo posteriormente, nos finais dos anos 80, a ser também usado o estileno-butadieno-estireno (SBS);
- Em finais dos anos 80 e princípio dos anos 90, começaram a surgir com alguma frequência soluções de impermeabilização com base em membranas de PVC e,

mais recentemente, membranas de EPDM, de ECB e de PIB. As membranas de impermeabilização mais utilizadas nos sistemas de impermeabilização de coberturas em terraço são as de betumes-polímeros, as termoplásticas e as elastoméricas. Em muitos países estrangeiros, como também em Portugal, a membrana mais utilizada é a de betume-polímero;

- As membranas de betume-polímero têm sido integradas em sistemas aderentes, semi-aderentes e independentes de suporte. Podem ser de uma única camada ou de múltiplas camadas. No entanto, é mais comum a aplicação das membranas APP em camada única e das membranas SBS em dupla camada. Não se considera recomendável o uso de sistemas de camada única em cobertura em terraço, com pendentes nulas;
- Os problemas que ocorrem com maior frequência, nos sistemas de impermeabilização de camada única, estão relacionados com as juntas de sobreposição das membranas. Os pontos débeis de qualquer impermeabilização realizada com membranas são as sobreposições;
- As membranas de PVC plastificado utilizam-se em sistemas de camada única, geralmente independentes do suporte ou a ele fixos mecanicamente, em coberturas de acessibilidade limitada. Nos sistemas de fixação mecânica, as armaduras utilizadas são de poliéster e fibra de vidro. Em relação aos suportes, não deve haver contacto directo entre as membranas de PVC e suportes de poliuretano ou de poliestireno expandido;
- Nos sistemas de impermeabilização com membranas EPDM, deve ter-se em atenção a incompatibilidade entre o suporte e os produtos de colagem. Deve interpor-se uma barreira entre a membrana e o suporte, quando este for constituído por placas de poliestireno ou de perlite expandida, ou quando houver possibilidade de contacto da membrana com produtos betuminosos ou óleos;
- Os sistemas de impermeabilização com base nas membranas PIB podem ser aplicados em sistemas aderentes, semi-aderentes ou independentes. A aplicação destes sistemas é feita geralmente apenas em coberturas de acessibilidade limitada. Existem soluções com protecção leve com base em pinturas da mesma natureza das membranas que, para além da função estética, têm função reflectora, caso sejam de cor clara;

- São diversas as opções para os sistemas de impermeabilização de coberturas em terraço, variando quanto ao modo de ligação da membrana ao suporte, quanto à constituição por uma ou várias camadas de membranas e quanto à acessibilidade da cobertura. É fundamental conhecer-se as principais características e o campo de aplicação das membranas para que conduza a um bom desempenho do sistema;
- A escolha das soluções a implementar deve ser feita com base em critérios adequados ao seu desempenho, tendo em conta, quer o conhecimento da solução existente, nomeadamente as suas anomalias e limitações, quer a definição dos objectivos da respectiva reabilitação e das intervenções necessárias;
- Existem produtos e tecnologias de impermeabilização homologadas e certificadas mais adequadas ao clima Português, que importa conhecer. Sendo diversas as soluções para os sistemas de impermeabilização de coberturas em terraço, é importante implementar a que melhor garanta as exigências funcionais.

No **4º capítulo**, foram abordadas duas soluções de reabilitação de impermeabilização de coberturas planas.

Inicialmente, foram indicadas algumas generalidades sobre os sistemas de impermeabilização de coberturas planas e a seguir foram desenvolvidas as duas soluções de reabilitação que foram objecto do nosso trabalho experimental.

São duas soluções aplicáveis na reabilitação da impermeabilização de coberturas planas que garantem a sua impermeabilidade e permitem uma intervenção sobre o existente, sem necessidade de demolição, caso não existam aspectos dimensionais ou outros que o impeçam. Estas soluções constituem sistemas de impermeabilização à base de poliuretano e revestimentos cimentícios.

Os principais aspectos inovadores a merecer destaque centram-se em torno da sua funcionalidade multifuncional e no seu desempenho térmico. Contudo, as soluções a aplicar dependem do estado de conservação dos elementos existentes e de outras condicionantes de natureza técnica e económica.

Foram elaborados quadros, referentes aos dois sistemas, com os parâmetros técnicos dos produtos, onde se descrevem as suas características de forma sucinta.

Foram também abordados os dois tipos de isolamento térmico utilizados no estudo experimental – o poliestireno extrudido e o betão ultra leve, salientando-se as suas características.

Na realidade, o isolamento térmico é fundamental para minimizar as trocas de calor com o exterior, reduzir as pontes térmicas e o risco das condensações.

No 5º capítulo desenvolveu-se o nosso estudo. Começámos por fazer uma breve abordagem à instalação experimental, sua localização, amostragem, metodologia e aparelho utilizado. Procedemos depois à recolha e análise dos dados. Apresentamos a seguir as principais conclusões do nosso trabalho experimental.

- As placas mais escuras, nomeadamente, as telas betuminosas, em comparação com a impermeabilização à base de poliuretano de cor branca, demonstram a ocorrência de enormes diferenças da temperatura, sobretudo, em Julho. Do mesmo modo se constatou, que se as telas betuminosas forem objecto de uma pintura de cor clara, os valores registados aproximam-se das temperaturas ocorridas nos poliuretanos, de cor branca;
- A tonalidade da impermeabilização é fundamental para a amplitude do choque térmico a que a mesma estará sujeita e consequentemente para a sua durabilidade. A cor influi consideravelmente nas temperaturas superficiais dos materiais, podendo causar grandes heterogeneidades de temperatura em zonas vizinhas;
- As temperaturas superficiais superiores registadas, às 8h00, são semelhantes em todas as placas, com excepção da placa com isolamento térmico, poliestireno extrudido. À mesma hora, as temperaturas superficiais inferiores são ligeiramente mais baixas que a temperatura ambiente. Às 14h00 e às 18h00, os valores diferem, existem grandes diferenças. As placas com isolamento térmico apresentam valores mais reduzidos na sua face inferior e mais elevados na sua face superior, do que as placas sem isolamento térmico;
- No resumo das temperaturas das placas envolvidas no nosso trabalho experimental, quando comparadas com a temperatura ambiente, constatamos que em alguns dias, existe uma diferença de temperatura de cerca de 15 graus nas placas de tonalidade branca e de cerca de 25°C nas placas de tonalidade escura.
- Nos valores da temperatura superficial superior e inferior da placa revestida com Poliuretano branco, praticamente não se verificam diferenças entre as duas superfícies;

- Na comparação entre o revestimento cimentício branco e a impermeabilização à base de poliuretano branco, verifica-se que o primeiro apresenta valores ligeiramente superiores, pouco significativos;
- As maiores amplitudes térmicas verificam-se nas placas com telas betuminosas e corresponderam aos dias mais quentes, com temperaturas máximas elevadas. No 2º local, as amplitudes térmicas são menores, os registos de temperatura são também mais baixos, quando comparados com o 1º local;

- Durante a realização da experiência, constatou-se a ocorrência de alguns fenómenos, como:

As placas com sistema de impermeabilização, à base de poliuretano, apresentaram alguma humidade superficial superior, nos dias em que as noites foram mais frias.

Nas placas em que a aplicação dos poliuretanos foi precedida da colocação de isolamento térmico, poliestireno extrudido, verificou-se a existência de gotas de água.

Na placa, cujo revestimento foi antecedido da colocação de um isolamento térmico constituído por betão ultra leve (aglomerados de poliuretano e cortiça), tal situação não se verificou.

Todas as placas com revestimento cimentício, com ou sem isolamento térmico, nunca apresentaram humidade sobre a forma de gotas de água.

As placas com telas betuminosas que foram objecto de reabilitação com sistemas de impermeabilização à base de poliuretano apresentaram destacamento das telas à base. Esta anomalia é mais notória na placa cuja tela aplicada é betuminosa com acabamento mineralizado. Esta anomalia teve desenvolvimento, essencialmente, nos dias em que se registaram temperaturas elevadas.

Nas placas em que foram aplicados revestimentos cimentícios não se verificaram quaisquer problemas de destacamento.

Não se constatou qualquer problema de falta de aderência à base dos sistemas de reabilitação utilizados.

Assim, concluímos:

- A utilização do sistema de impermeabilização de poliuretano implica a avaliação da aderência da camada subjacente (no caso das telas, por exemplo) à base respectiva e do funcionamento conjunto “impermeabilização de poliuretano”/ “camada subjacente”;
- O isolamento térmico é fundamental para minimizar as trocas de calor com o exterior, reduzir as pontes térmicas e o risco das condensações. Há que ter atenção às soluções de impermeabilização sobre isolantes de elevada resistência térmica;
- Num sistema de impermeabilização, deve ter-se em atenção as incompatibilidades entre os diferentes materiais, de modo a minimizarem-se os riscos de ocorrência de degradações. As ‘ligações’ da impermeabilização às tubagens e demais saliências existentes, nas coberturas, constituem sempre pontos de particular atenção;
- É possível efectuar uma reabilitação satisfatória de coberturas planas, sem remoção das telas betuminosas anteriormente aplicadas;
- Um dos factores importantes é o conhecimento por parte do aplicador, tanto dos materiais que tem de utilizar como das limitações que têm. As condições atmosféricas são importantes, as baixas temperaturas ou a chuva podem afectar a impermeabilização, tendo como consequência uma deficiente aderência;
- A aplicação dos produtos relativos às soluções indicadas é bastante simples e pode ser efectuada por pessoas não profissionais. Quando aplicadas, podem, numa única operação e de uma forma técnica e economicamente eficiente, obter dois benefícios, ou seja, a melhoria de conforto térmico dos espaços subjacentes e a impermeabilização da cobertura, repondo-lhe as condições de estanquidade à água;
- A concorrente melhoria dos métodos construtivos e a necessidade de melhorar o desempenho térmico das edificações têm conduzido ao aparecimento de diferentes materiais de isolamento térmico. Tanto em novas construções como em recuperações, uma correcta planificação da solução a aplicar pode reduzir custos e garantir conforto térmico;

- É importante que a escolha do material a utilizar atenda à zona climática e ao nível de conforto térmico pretendido, bem como aos condicionamentos regulamentares relativos ao risco de incêndio;
- Consideramos que o aparecimento, no mercado, de novos materiais é fundamental porque são mais abrangentes ao nível dos seus funcionalismos e campos de aplicação, como também contribuem para reduzir custos de construção, dado que reduzem a carga humana necessária à realização das variadas operações. Por outro lado, contribuem para a evolução do modelo construtivo tradicional para modelos mais simples e eficientes;
- Espera-se que as soluções descritas e testadas sejam um contributo para todos os intervenientes no processo construtivo.

6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Tendo como base o trabalho desenvolvido, sugerem-se algumas possibilidades de estudos complementares ou como desenvolvimento ao aqui apresentado:

- Estudo de outras soluções, testando a aplicação de outros materiais novos, adaptados ao clima português;
- Teste de soluções em condições de serviço;
- Simulação do comportamento térmico de diferentes soluções, com recurso a um programa de cálculo.

REFERÊNCIAS

- [1] COL-LEGIDÁPARELLADORS I ARQUITECTES TÈCNICS DE BARCELONA – *Manual de Diagnóstico e Intervenção em Coberturas Planas*. Texsa Portugal. Matosinhos. 2003.
- [2] BRITISH BOARD OF AGRÉMENT (BBA) – *Scotch-Clad Deck Coating Systems V, P and R*. Garston, BBA, April 1987. Agrément Certificate nº 87/1856.
- [3] COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER DES AVIS TECHNIQUES. GROUPE SPÉCIALISÉ Nº 5 – *Procedé d'étanchéité de toitures par résine REVETANCHE*. Paris, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Avril 1987. Avis Technique nº5/87-607.
- [4] INTITUTO EDUARDO TORROJA DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEL CEMENTO (IETcc) – *Sistema de impermeabilización SCOTCH-CLAD DECK COATING*.. Madrid, IETcc, Mayo de 1982. Documento de Idoneidad Tecnica DIT 133.
- [5] BRITISH BOARD OF AGRÉMENT (BBA) – *The BAXENDEN FUTURA THANE 5000 Spray Applied roof waterproofing System*. Garston, BBA, March 1986. Agrément Certificat nº85/1577.
- [6] ABRANTES, V., FREITAS, V. P. *O Isolamento Térmico da Envolvente dos Edifícios Face ao novo Regulamento*. Lisboa, 1993.
- [7] INSTITUT TECHNIQUE DU BÂTIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS (ITBTP) – *Étude statistique de 12 200 cas de sinistres survenues en 1982*. Annales de l'ITBTP, Paris, 426, Juillet/Août. Série: Questions Générales 162.
- [8] LOPES, J. Grandão – *Anomalias em Impermeabilizações de Coberturas em Terraços*. ITE 33, LNEC, Lisboa, 1994.
- [9] LOPES, J. Grandão - *Revestimentos de Impermeabilização de Coberturas em Terraços*. ITE 34, LNEC, Lisboa, 1994.

- [10] UNION EUROPÉENNE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION (UEAtc) – *Directives generals UEAtc pour l'agrément des revêtements d'étanchéité de toitures*. Paris, UEAtc, juillet 1982. Cahier du CSTB, Paris (234), Cahier 1812, novembre 1982.
- [11] PAIVA, J.A. Vasconcelos – *Conservação de energia nos edifícios*. Lisboa, LNEC, 1985.
- [12] PAIVA, J.V. – *Medidas de reabilitação energética em edifícios*. Lisboa, LNEC, 2000.
- [13] KOIKE, Michio – *Membrane roofing systems in Japon*. Proceeding of the Symposium on Roofing Technology, National Bureau of Standards/National Roofing Contractors Association, September 21-23, 1977. Papper n°2.
- [14] VARLAN, G. Edouard – *Létanchéité dans la construction*. Paris, Éditions Eyrolles, 1964.
- [15] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM) – *Standard Specification for Emulsified Asphlt Used as a Protective coating for Roofing*. Philadelphia, ASTM, 1982. Standard D 1227 82.
- [16] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM) – *Standard Specification for Glass fabrics (Woven and Treated) for Roofing and Waterproofing*. Philadelphia, ASTM, 1980. Standard D 1668-80.
- [17] MINISTERIO DE LA VIVIENDA (MV) – *Impermeabilización de cubiertas con materials bituminosos*. Madrid, MV, 1971. Norma MV 301-1970.
- [18] CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT (CSTB) – *Travaux d'étanchéité des toitures-terrasses avec éléments porteurs en maçonnerie*. Paris, CSTB; Octobre 1981. Document Technique Unifié 43.
- [19] INSTITUT BELGE DE NORMALISATION (IBN) – *Cobertures de bâtiments. Code de bonne pratique. Couvertures asphaltiques*. Bruxelles, IBN, 1976. NBN 284, 2^{ème} edition.
- [21] LE GROUPE DE COORDINATION DES TEXTES TECHNIQUES – *Toitures en elements porteurs en bois et panneaux dérivés du bois avec revêtements d'étanchéité*. Document Technique Unifié (DTU. Cahiers du CSTB, Paris, (256), cahier 1975, janv./fév. 1985. DTU.

[22] PORTUGAL – Leis, Decretos, etc. – *Regulamento Geral das Edificações Urbanas*. Decreto-Lei nº 38382 de 7 de Agosto de 1951.

[23] UEATC – Union Européenne pour l'agrément Technique Dans la construction – *Directives Générales UEAtc pour l'agrément des revêtements d'étanchéité de toitures*. Paris, juillet, 1982.

[24] GRIFFIN, C.W. – *Manual of built-up roof systems*. New York, McGraw-hill Book Company, 1982. Second edition. P.247-277.

[25] BRITISH BOARD OF AGRÉMENT (BBA) – *GRANFLEX KEMPEROL V210 and S210 Roof covering Systems*. Garston, BBA, May 1986. Agreement Certificate nº 86/1582/C.

[26] UNION BELGE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION (UBAtc) – *Système d'étanchéité et de régénération de toitures TRIFLEX D*. Bruxelles, UBAtc, Mars 1987. ATG 1552.

[27] BRITISH BOARD OF AGRÉMENT (BBA) – *SCOTCH-CLAD DECK COATING Systems V*, and R. Garston, BBA, April 1987. Agrément Certificate nº87/1856.

[28] INSTITUT EDUARDO TORROJA DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEL CEMENTO (IETcc) – *Sistema de impermeabilización* Madrid, IETcc, Mayo de 1988, Documento de Idoneidad Técnica DIT 182.

[29] LOPES, J. GRANDÃO; SANTOS, C. PINA *Reabilitação do sistema de Impermeabilização e da qualidade térmica de coberturas em terraço. Uma Operação, dois benefícios*. Comunicação apresentada ao 3º ENCORE – Encontro sobre Conservação e reabilitação de edifícios. Lisboa: LNEC 26 a 30 de Maio de 2003.

[30] MARIS POLYMERS – *POLYURETHANE SYSTEMS* – TUV **CERT** ISSO 9001.

[31] WWW.WEBER-CIMENFIX.COM, consultado em Janeiro de 2009.

[32] GRUPOPUMA@GRUPOPUMA.COM, consultado em Janeiro de 2009.

[33] GONÇALVES, P; SILVA, J – *Patologias Correntes em Coberturas em Portugal*. Congresso Nacional da Construção, IST, Lisboa, Dezembro de 2001.

[34] GOMES, RUY JOSÉ – *Coberturas em terraço*. LNEC, Lisboa, 1968.

[35] www.fep.up.pt/disciplinas/patologias, consultado em Janeiro de 2009.

[36] **RGEU** – *Regulamento Geral de Edificações Urbanas*.

[37] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAIS. *Standard Specification for Sheet Radiant Barriers for Building Construction Applications*, ASTM C 1313. West Conshohocken, 2000.

[38] www.marispolymers.com, consultado em Janeiro de 2009.

[39] www.matesica.com, consultado em Dezembro de 2008.

[40] www.teprocil.com, consultado em Janeiro de 2009.

[41] www.sika.pt, consultado em Novembro e Dezembro de 2008.

[42] www.basf.com, consultado em Janeiro de 2009.

[43] FARINHA, J. S. BRAZÃO; REIS, A.CORREIA - *Tabelas Técnicas* - Edições Técnicas, Lisboa, 1998.

[44] INTERNATIONAL COUNCIL FOR BUILDING RESEARCH STUDIES AND DOCUMENTATION (CIB) – *New-technology roofing membranes*. Building Research and Practice, Rotterdam, 15 (3), May-June 1987.

[45] INTERNATIONAL COUNCIL FOR BUILDING RESEARCH STUDIES AND DOCUMENTATION (CIB) – *Elastomeric, thermoplastic and modified bitumen roofing*. Rotterdam, CIB, s.d. Publication 86.

[46] JOSEPH, CLAUDE – *L'étanchéité des toitures*. Paris, Éditions Eyrolles, 1985. Les Dossiers de la Construction. Second Oeuvre.

[47] UNION BELGE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION (UBAtc) – *Single layer waterproof covering for roofs ASCOFLEXES*. Bruxelles, UBAtc, May 1986. ATG 1466.

[48] UNION BELGE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION (UBAtc) – *Revêtement d'étanchéité de toiture TESTUDO FLEXTER*. Bruxelles, UBAtc, UBAtc, mars 1988. ATG 1616.

[49] UNION BELGE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION (UBAtc) – *Revêtement monocouche d'étanchéité de toiture ARMOURPLAST SUPER*. Bruxelles, UBAtc, avril 1986. ATG 1654.

[50] COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER DES AVIS TECHNIQUES. GROUPE SPÉCIALISÉ N° 5 – *Avis sur le revêtement MEPS*. Paris, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Octobre 1984. Avis Technique n° 5/84-489.

[51] COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER DES AVIS TECHNIQUES. GROUPE SPÉCIALISÉ N° 5 – *Avis sur le revêtement d'étanchéité RUBOPRÈNE*. Paris, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), novembre 1989. Avis Technique n° 5/81-352.

[52] www.imperialum.com, consultado em Janeiro de 2009.

[53] ASSOCIAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA CASA DO FUTURO – *Sub-projecto de revestimentos*. 1º Relatório de progresso. UA. Fevereiro de 2006.

[54] UNION BELGE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION (UBAtc) - *Revêtement d'étanchéité de toiture POLIMAT GB 4 VP 200 et LITOGUAINA LA 45 VP 200*. Bruxelles, UBAtc, juin 1987. ATG 1702.

[55] UNION BELGE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION (UBAtc) - *Revêtement d'étanchéité de toiture NUFALT GP 4*. Bruxelles, UBAtc, juin 1987. ATG 1703.

[56] COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER DES AVIS TECHNIQUES. GROUPE SPÉCIALISÉ N° 5 – *Avis sur le revêtement d'étanchéité de toiture ELASTOPHÈNE FLAM, SOPRALÈNE FLAM*. Paris, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), juin 1984. Avis Technique n° 5/84-471.

[57] ROSSITER, WALTER J. – *Tests of adhesive-bonded seams of single-ply rubber membranes*. Philadelphia, ASTM, 1987 ASTM STP 959. Symposium "Roofing Research and Standards Development, New Orleans, LA, 3 December 1986".

[58] LOPES, J. GRANDÃO et al - *Metodologia de Ensaio de Juntas de Sobreposição em Membranas Prefabricadas de Impermeabilização*. www-ext.lnec.pt/, visitado em 03.01.2009.

- [59] prEN 13707 – *Flexible sheets for waterproofing reinforced bitumen sheets for waterproofing. Definitions and characteristics*, CEN (2001).
- [60] prEN 13956 – *Flexible sheets for waterproofing. Plastic and rubber sheets for waterproofing. Definitions and characteristics*, CEN (2001).
- [61] ETAG 006 – *Guideline for European technical approval of systems of mechanically fastened flexible roof waterproofing membranes*, EOTA (March 2000).
- [62] Cahier n° 1812 du CSTB – *Directives générales UEAtc pour l'agrément des revêtements d'étanchéité de toitures*, UEAtc, Paris (Novembre 1982).
- [63] Cahier n° 2502 du CSTB – *Guie technique particulier UEAtc pour l'agrément des revêtements d'étanchéité de toitures monocouches*, UEAtc, Paris (Juin 1991).
- [64] Cahier n° 2510 du CSTB – *Guie technique complémentaire UEAtc pour l'agrément des revêtements d'étanchéité de toitures fixes mécaniquement*, UEAtc, Paris (Juillet-Août 1991).
- [65] Gonçalves, Manuela et al - *Características das Membranas de Impermeabilização de Coberturas em terraço*. www.civil.uminho.pt/cec/revista/num22, visitado em 03.01.2009.
- [66] FREITAS, VASCO PEIXOTO – *Actas do encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios – PATORREB 2003*. Porto. FEUP, 2003.
- [67] www.construlink.com, consultado em Janeiro de 2009.
- [68] www.sptecnisol.pt, consultado em Janeiro de 2009.
- [69] www.dow.com, consultado em Janeiro de 2009.
- [70] <https://dspace.ist.ut.>, consultado em Janeiro de 2009

BIBLIOGRAFIA

“Homologações de novos Materiais e Processos de Construção: Polyplas 30 + Polyxis R40 e Polyplas 30 + Polyster 40T... Revestimentos de Impermeabilização de Coberturas”, LNEC, Lisboa, 1997.

“Homologações de novos Materiais e Processos de Construção: Polyster R50V: Revestimentos de Impermeabilização de Coberturas”, LNEC, Lisboa, 2004.

“Homologações de novos Materiais e Processos de Construção: Polyster 40 e Polyter R40: Revestimentos de Impermeabilização de Coberturas”, LNEC, Lisboa, 1997.

“Homologações de novos Materiais e Processos de Construção: Polyster 40 + Polyster 40T: Revestimentos de Impermeabilização de Coberturas”, LNEC, Lisboa, 1997.

O Guia Weber Cimenfix, 2008 – Weber Cimenfix, Zona Industrial de Taboeira, Aveiro Portugal.

Catálogo Técnico TOPECA – Topeca, Ourém Portugal.

GRANDÃO LOPES, Jorge – Patologia em revestimentos de impermeabilização de coberturas fixadas mecanicamente, *Comunicação no 1º Encontro Nacional sobre Patologias e Reabilitação de Edifícios, PATORREB*, Porto. 2003.

www.inec.pt/, consultado em Janeiro e Fevereiro de 2009.

APPLETON, João – *Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e Tecnologias de Intervenção*. Alfragide. Orion, 2003.

COLIN, GÉRARD – *Are your mortar substrates dry enough for floor coverings?*, 1º Congresso Nacional de Argamassas de Construção. Lisboa. APFAC; 2005

ANEXO 1 – MEDIÇÕES NO LOCAL EXPERIMENTAL INICIAL – GDM

ANEXO 2 – MEDIÇÕES NO SEGUNDO LOCAL EXPERIMENTAL – VNG

Números das Placas	Data				18-06-2008	19-06-2008	20-06-2008	23-06-2008	25-06-2008	26-06-2008	27-06-2008	30-06-2008	01-07-2008	02-07-2008
	Temp. Ar		8h00	21,00	16,80	24,10	19,20	20,70	22,70	24,90	21,80	22,50	20,70	
			14h00	27,10	27,50	28,10	23,00	28,40	30,00	33,50	27,10	28,70	25,70	
			18h00	24,10	26,90	27,80	21,00	30,00	31,50	33,10	28,70	26,90	27,10	
Amp. Térmica			8h/14h	6,10	10,70	4,00	3,80	7,70	7,30	8,60	5,30	6,20	5,00	
1	S/ revest.	8h00	temp. sup.	21,50	13,90	21,40	19,60	18,30	20,50	21,90	18,70	21,10	20,50	
			temp. inf.	21,10	13,90	21,10	19,40	18,30	20,10	21,90	19,40	21,10	20,50	
		14h00	temp. sup.	37,90	41,50	43,70	30,60	45,50	45,50	46,80	41,50	40,10	34,20	
			temp. inf.	35,60	36,10	42,20	29,80	43,70	41,50	45,50	37,90	36,00	32,00	
		18h00	temp. sup.	33,50	36,80	39,30	25,20	34,90	40,10	43,70	37,10	36,90	32,70	
			temp. inf.	32,00	35,50	35,30	25,40	37,10	38,60	39,30	35,70	34,40	31,30	
2	Telas bet.	8h00	temp. sup.	24,00	15,00	22,50	20,10	20,10	21,90	23,80	20,70	21,80	20,70	
			temp. inf.	21,70	13,90	21,40	19,60	18,70	19,80	22,30	20,10	21,40	20,90	
		14h00	temp. sup.	45,20	48,60	49,00	33,60	47,20	52,20	59,40	50,60	47,40	40,40	
			temp. inf.	38,90	38,60	43,70	30,60	43,70	42,40	48,80	43,90	37,50	32,70	
		18h00	temp. sup.	36,60	39,50	43,00	27,60	42,80	42,20	49,50	43,10	40,80	36,40	
			temp. inf.	35,70	38,20	38,20	26,50	39,00	41,00	44,40	36,80	37,50	32,40	
		ampl.8h/14h ampl.8h/14h	temp. sup.	21,20	33,60	26,50	13,50	27,10	30,30	35,60	29,90	25,60	19,70	
	temp. inf.		17,20	24,70	22,30	11,00	25,00	22,60	26,50	23,80	16,10	11,80		
3	T. b. miner.	8h00	temp. sup.	22,90	15,20	21,40	20,00	20,50	22,20	24,70	21,40	21,80	20,50	
			temp. inf.	21,10	13,90	21,10	19,60	18,70	21,20	22,70	19,80	21,40	20,10	
		14h00	temp. sup.	42,20	44,80	45,50	32,00	44,80	49,00	51,40	43,00	42,60	37,50	
			temp. inf.	37,10	39,70	39,80	28,90	41,50	43,50	44,40	41,90	35,80	31,30	
		18h00	temp. sup.	34,60	38,60	40,10	26,20	39,70	41,30	42,00	39,00	38,20	33,80	
			temp. inf.	32,70	36,40	37,90	26,50	39,30	37,90	42,20	35,70	37,10	31,30	
4	T.b. alum.	8h00	temp. sup.	20,90	16,10	21,40	18,90	19,20	22,90	23,80	21,10	21,40	20,30	
			temp. inf.	20,10	15,40	20,70	19,00	19,40	21,90	23,00	20,50	20,30	20,30	
		14h00	temp. sup.	34,90	38,20	40,10	29,40	41,50	41,90	47,20	40,20	34,90	31,80	
			temp. inf.	30,60	34,20	36,80	27,30	37,10	35,80	41,10	34,90	33,50	28,70	
		18h00	temp. sup.	32,70	36,60	37,70	26,20	37,90	40,10	43,00	36,40	35,10	31,70	
			temp. inf.	29,06	32,40	33,50	24,00	35,70	36,80	39,70	33,80	33,10	28,70	
5	T.a. bran.	8h00	temp. sup.	19,40	13,90	20,50	18,50	17,60	21,10	21,10	19,00	19,80	19,40	
			temp. inf.	19,80	13,90	20,10	18,30	18,50	20,50	21,10	19,60	20,10	19,80	
		14h00	temp. sup.	28,00	31,80	33,50	26,20	34,90	34,40	38,80	33,50	30,90	27,60	
			temp. inf.	27,60	31,30	33,10	25,80	34,60	32,70	37,10	31,70	30,60	26,90	
		18h00	temp. sup.	26,70	30,20	31,30	23,20	33,60	33,30	37,10	31,10	30,80	26,60	
			temp. inf.	26,20	29,80	30,90	22,50	33,80	32,40	36,40	30,70	30,60	26,20	

Números das Placas	Data			18-06-2008	19-06-2008	20-06-2008	23-06-2008	25-06-2008	26-06-2008	27-06-2008	30-06-2008	01-07-2008	02-07-2008
	Temp. Ar		8h00	21,00	16,80	24,10	19,20	20,70	22,70	24,90	21,80	22,50	20,70
			14h00	27,10	27,50	28,10	23,00	28,40	30,00	33,50	27,10	28,70	25,70
			18h00	24,10	26,90	27,80	21,00	30,00	31,50	33,10	28,70	26,90	27,10
Amp. Térmica		8h/14h	6,10	10,70	4,00	3,80	7,70	7,30	8,60	5,30	6,20	5,00	
6	Rev. Cim. Branc.	8h00	temp. sup.	20,10	13,80	20,30	18,50	17,90	21,10	21,40	19,00	19,60	19,40
			temp. inf.	20,10	13,50	20,50	18,50	19,00	21,20	21,20	19,60	20,10	19,80
		14h00	temp. sup.	32,00	36,40	37,10	28,00	38,20	37,50	41,50	36,80	33,50	29,80
			temp. inf.	28,00	33,10	34,60	26,80	37,10	35,70	39,70	34,20	32,40	27,60
		18h00	temp. sup.	28,70	32,70	33,80	24,30	36,40	45,30	39,30	32,70	32,70	28,40
			temp. inf.	28,20	31,30	32,70	24,00	35,70	34,20	38,20	31,70	31,70	27,30
		ampl.8h/14h	temp. sup.	11,90	22,60	16,80	9,50	20,30	16,40	20,10	17,80	13,90	10,40
		ampl.8h/14h	temp. inf.	7,90	19,60	14,10	8,30	18,10	14,50	18,50	14,60	12,30	7,80
11	b. poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	19,80	13,40	20,60	18,10	17,20	21,80	21,10	18,90	19,60	19,00
			temp. inf.	20,30	13,20	20,30	18,20	17,80	20,80	22,00	18,70	19,80	19,40
		14h00	temp. sup.	29,10	32,70	33,80	25,80	35,80	34,90	38,80	33,30	31,30	26,90
			temp. inf.	29,10	31,70	33,80	25,80	35,70	34,60	38,60	32,70	31,30	26,90
		18h00	temp. sup.	26,90	30,60	32,60	22,90	34,60	33,10	36,80	30,60	31,40	26,20
			temp. inf.	26,90	30,90	32,40	22,90	34,90	33,10	37,10	29,20	31,30	25,80
		ampl.8h/14h	temp. sup.	9,30	19,30	13,20	7,70	18,60	13,10	17,70	14,40	11,70	7,90
		ampl.8h/14h	temp. inf.	8,80	18,50	13,50	7,60	17,90	13,80	16,60	14,00	11,50	7,50
16	is. Térm. + poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	18,10	15,40	20,90	18,50	21,10	24,30	22,60	21,10	19,00	18,90
			temp. inf.	18,30	14,60	21,00	18,30	19,20	23,60	22,70	20,10	19,80	18,90
		14h00	temp. sup.	29,10	32,40	33,80	26,50	36,00	35,70	39,00	32,70	31,10	27,60
			temp. inf.	27,80	30,70	32,70	25,40	34,70	33,60	36,90	31,30	29,80	25,80
		18h00	temp. sup.	24,00	29,10	30,30	21,10	33,30	31,40	35,40	28,50	30,20	25,60
			temp. inf.	26,90	30,60	32,40	22,50	35,30	33,10	36,80	30,60	31,30	26,50
		ampl.8h/14h	temp. sup.	11,00	17,00	12,90	8,00	14,90	11,40	16,40	11,60	12,10	8,70
		ampl.8h/14h	temp. inf.	9,50	16,10	11,70	7,10	15,50	10,00	14,20	11,20	10,00	6,90
19	b.leve. + poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	18,30	13,40	20,50	17,70	20,30	23,20	21,40	19,60	19,00	18,30
			temp. inf.	18,70	13,90	20,30	18,50	18,30	21,90	21,10	19,00	19,80	18,50
		14h00	temp. sup.	27,80	31,40	33,30	25,20	34,70	33,60	36,80	31,70	30,70	26,90
			temp. inf.	27,40	30,60	32,40	24,90	34,40	32,90	36,60	31,10	29,90	25,80
		18h00	temp. sup.	25,80	31,10	32,00	23,20	34,70	32,90	36,80	30,60	31,10	27,10
			temp. inf.	26,50	31,10	32,70	23,20	35,30	33,50	37,30	30,90	31,30	26,90
		ampl.8h/14h	temp. sup.	9,50	18,00	12,80	7,50	14,40	10,40	15,40	12,10	11,70	8,60
		ampl.8h/14h	temp. inf.	8,70	16,70	12,10	6,40	16,10	11,00	15,50	12,10	10,10	7,30

Números das Placas	Data				03-07-2008	04-07-2008	07-07-2008	08-07-2008	09-07-2008	10-07-2008	11-07-2008	14-07-2008	15-07-2008	16-07-2008
	Temp. Ar		8h00		19,60	20,50	16,10	22,00	20,70	20,50	21,80	20,70	23,80	24,90
			14h00		26,30	26,50	23,80	26,20	27,60	28,50	23,20	32,00	35,70	31,30
			18h00		25,60	21,90	25,00	28,50	27,80	26,30	21,20	31,80	32,40	35,60
Amp. Térmica			8h/14h		6,70	6,00	7,70	4,20	6,90	8,00	1,40	11,30	11,90	6,40
1	S/ revest.	8h00	temp. sup.		16,50	20,00	14,50	18,30	19,00	21,90	21,80	18,30	21,20	22,30
			temp. inf.		16,80	19,60	15,00	18,30	18,30	21,60	21,90	17,90	21,60	22,70
		14h00	temp. sup.		34,90	32,00	33,30	39,70	39,70	39,30	26,20	46,30	50,30	41,40
			temp. inf.		33,10	31,30	30,60	36,40	35,30	38,60	25,80	41,70	46,60	39,10
		18h00	temp. sup.		32,00	23,20	32,70	37,10	35,30	34,60	25,40	38,20	41,50	41,10
			temp. inf.		39,00	22,90	31,40	35,50	35,30	33,80	25,60	34,90	37,30	41,10
2	Telas bet.	8h00	temp. sup.		17,00	19,60	16,10	18,30	18,20	21,90	22,90	19,00	21,60	22,20
			temp. inf.		16,80	19,60	15,40	18,70	18,10	21,50	21,80	17,90	21,60	22,40
		14h00	temp. sup.		44,10	36,90	38,90	45,90	51,00	45,90	28,70	56,10	57,70	45,90
			temp. inf.		33,80	33,50	34,90	39,00	43,30	39,70	26,30	45,90	43,70	43,70
		18h00	temp. sup.		38,20	23,60	36,00	40,20	41,30	37,50	27,80	44,60	48,20	45,70
			temp. inf.		32,40	23,20	31,80	36,00	35,70	33,50	26,70	39,70	43,90	43,90
		ampl.8h/14h ampl.8h/14h	temp. sup.		27,10	17,30	22,80	27,60	32,80	24,00	5,80	37,10	36,10	23,70
	temp. inf.			17,00	13,90	19,50	20,30	25,20	18,20	4,50	28,00	22,10	21,30	
3	T. b. miner.	8h00	temp. sup.		18,10	20,00	16,50	19,60	18,90	21,80	22,20	19,20	22,70	23,10
			temp. inf.		16,50	19,20	15,00	18,30	17,60	21,20	21,30	18,70	21,90	22,50
		14h00	temp. sup.		38,20	33,50	32,70	39,10	40,10	40,80	27,40	51,00	52,30	47,40
			temp. inf.		32,30	32,00	35,30	34,90	41,50	39,70	26,90	45,20	47,00	39,50
		18h00	temp. sup.		31,40	23,20	34,20	36,80	36,20	36,40	26,40	40,80	43,00	44,40
			temp. inf.		32,70	23,20	32,40	35,30	33,80	33,40	26,70	39,30	41,50	42,60
4	T.b. alum.	8h00	temp. sup.		17,20	18,70	16,40	19,40	18,10	20,90	21,80	18,40	22,90	23,10
			temp. inf.		17,60	18,90	16,50	19,00	17,80	20,90	21,40	18,70	23,00	24,00
		14h00	temp. sup.		36,90	31,20	33,50	36,60	37,90	35,80	25,90	42,80	47,40	43,10
			temp. inf.		35,70	28,50	28,70	34,30	35,30	32,70	24,70	39,30	41,90	38,40
		18h00	temp. sup.		32,40	22,70	31,70	34,90	35,10	34,40	26,40	40,10	41,90	41,70
			temp. inf.		29,10	22,70	29,30	32,70	32,80	30,90	24,20	36,40	40,10	39,70
5	T.a. bran.	8h00	temp. sup.		15,70	18,30	14,60	18,70	16,80	20,50	21,20	17,60	22,30	22,20
			temp. inf.		15,70	18,30	14,60	18,30	16,30	20,50	20,30	16,80	21,80	23,20
		14h00	temp. sup.		32,70	28,00	27,60	32,20	32,50	32,00	24,10	37,70	40,80	36,90
			temp. inf.		32,70	27,60	26,70	31,30	31,70	31,30	23,60	36,80	28,60	36,40
		18h00	temp. sup.		27,60	22,20	27,10	31,10	30,60	30,20	23,40	35,50	37,30	38,00
			temp. inf.		26,90	22,20	26,90	30,20	30,20	29,10	22,70	34,60	37,50	37,70

Números das Placas	Data			03-07-2008	04-07-2008	07-07-2008	08-07-2008	09-07-2008	10-07-2008	11-07-2008	14-07-2008	15-07-2008	16-07-2008
	Temp. Ar		8h00	19,60	20,50	16,10	22,00	20,70	20,50	21,80	20,70	23,80	24,90
			14h00	26,30	26,50	23,80	26,20	27,60	28,50	23,20	32,00	35,70	31,30
			18h00	25,60	21,90	25,00	28,50	27,80	26,30	21,20	31,80	32,40	35,60
Amp. Térmica			8h/14h	6,70	6,00	7,70	4,20	6,90	8,00	1,40	11,30	11,90	6,40
6	Rev. Cim. Branc.	8h00	temp. sup.	15,00	18,30	14,50	18,30	16,50	20,10	21,10	17,40	21,90	21,90
			temp. inf.	15,70	18,30	15,60	18,30	16,80	20,30	19,20	17,20	22,30	21,90
		14h00	temp. sup.	34,00	30,20	29,10	34,20	34,70	34,60	24,90	40,20	41,70	39,30
			temp. inf.	32,70	29,10	27,60	32,70	32,40	33,50	24,70	37,50	41,90	38,60
		18h00	temp. sup.	28,70	22,70	29,10	32,00	32,00	31,30	24,50	37,10	39,00	39,00
			temp. inf.	26,90	22,50	28,40	31,30	31,30	30,60	24,20	36,00	38,20	38,20
		ampl.8h/14h	temp. sup.	19,00	11,90	14,60	15,90	18,20	14,50	3,80	22,80	19,80	17,40
		ampl.8h/14h	temp. inf.	17,00	10,80	12,00	14,40	15,60	13,20	5,50	20,30	19,60	16,70
11	b. poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	14,60	18,30	14,00	17,80	16,30	20,10	21,10	12,30	21,90	22,20
			temp. inf.	16,60	18,70	13,50	17,90	16,10	20,50	19,80	13,00	23,00	22,70
		14h00	temp. sup.	31,30	29,60	26,90	30,60	32,00	32,00	24,10	38,60	40,10	36,40
			temp. inf.	31,30	29,30	26,20	30,60	31,30	32,00	24,00	38,60	39,30	36,20
		18h00	temp. sup.	26,90	22,20	27,30	30,20	29,30	29,50	23,10	35,70	37,50	37,10
			temp. inf.	26,60	22,30	26,90	29,80	29,00	29,50	24,30	35,70	37,90	37,10
		ampl.8h/14h	temp. sup.	16,70	11,30	12,90	12,80	15,70	11,90	3,00	26,30	18,20	14,20
		ampl.8h/14h	temp. inf.	14,70	10,60	12,70	12,70	15,20	11,50	4,20	25,60	16,30	13,50
16	is. Térm. + poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	16,30	19,00	15,90	18,90	17,40	19,60	20,50	9,10	23,20	23,50
			temp. inf.	15,70	18,70	15,20	19,40	16,80	19,60	21,10	12,70	24,00	22,50
		14h00	temp. sup.	33,50	29,80	25,40	31,40	32,40	34,60	24,70	39,50	39,30	36,90
			temp. inf.	30,30	28,40	25,80	30,20	31,10	32,20	24,10	37,30	37,40	36,20
		18h00	temp. sup.	25,20	21,10	25,60	28,90	28,20	29,80	21,50	34,40	35,80	35,80
			temp. inf.	26,50	21,80	26,90	29,80	28,00	29,80	22,90	35,70	37,90	37,10
		ampl.8h/14h	temp. sup.	17,20	10,80	9,50	12,50	15,00	15,00	4,20	30,40	16,10	13,40
		ampl.8h/14h	temp. inf.	14,60	9,70	10,60	10,80	14,30	12,60	3,00	24,60	13,40	13,70
19	b.leve. + poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	15,20	17,80	15,20	18,30	16,90	19,40	20,40	13,00	22,70	23,60
			temp. inf.	15,00	17,90	15,40	18,30	16,50	19,80	20,60	15,40	22,70	22,70
		14h00	temp. sup.	30,00	28,00	26,00	31,40	30,90	33,30	24,10	37,30	37,80	36,20
			temp. inf.	28,70	27,80	25,40	30,70	30,30	31,80	24,00	37,30	37,30	35,80
		18h00	temp. sup.	26,90	21,50	26,50	29,80	29,60	29,80	23,30	36,00	37,50	37,10
			temp. inf.	26,90	22,50	26,90	30,20	30,20	29,80	23,50	36,00	38,00	37,10
		ampl.8h/14h	temp. sup.	14,80	10,20	10,80	13,10	14,00	13,90	3,70	24,30	15,10	12,60
		ampl.8h/14h	temp. inf.	13,70	9,90	10,00	12,40	13,80	12,00	3,40	21,90	14,60	13,10

Números das Placas	Data				17-07-2008	18-07-2008	21-07-2008	22-07-2008	23-07-2008	24-07-2008	25-07-2008	28-07-2008	29-07-2008	30-07-2008
	Temp. Ar		8h00	22,30	24,50	22,30	24,90	23,00	22,70	21,90	21,80	20,30	20,00	
			14h00	29,10	31,40	28,70	31,10	25,90	27,30	22,70	24,00	26,90	26,70	
			18h00	31,80	34,90	30,60	31,30	26,10	24,70	23,20	24,90	27,30	26,00	
Amp. Térmica		8h/14h	6,80	6,90	6,40	6,20	2,90	4,60	0,80	2,20	6,60	6,70		
1	S/ revest.	8h00	temp. sup.	21,20	25,20	21,90	24,50	22,50	22,50	21,20	20,80	19,80	18,20	
			temp. inf.	21,20	25,60	22,50	24,50	22,30	22,50	21,10	20,30	19,60	18,50	
		14h00	temp. sup.	38,90	36,00	43,70	44,80	29,00	30,90	23,40	28,90	37,20	33,50	
			temp. inf.	34,90	37,50	36,70	36,00	28,20	31,80	23,20	28,50	31,80	32,70	
		18h00	temp. sup.	39,00	39,30	36,60	39,70	28,50	28,50	23,00	32,30	34,20	33,50	
			temp. inf.	36,40	36,60	37,90	37,90	28,90	30,60	23,20	31,10	32,00	32,00	
2	Telas bet.	8h00	temp. sup.	21,80	26,90	22,30	24,70	22,50	22,50	21,80	21,10	19,20	17,90	
			temp. inf.	20,90	25,60	21,90	24,60	22,10	22,30	21,10	20,90	19,00	17,90	
		14h00	temp. sup.	39,00	40,80	45,90	40,60	31,70	35,80	24,10	32,40	43,20	41,50	
			temp. inf.	37,50	38,40	37,40	39,30	30,90	32,00	23,20	31,00	36,40	36,40	
		18h00	temp. sup.	40,40	42,20	41,90	38,40	30,00	30,00	24,70	36,80	35,50	37,50	
			temp. inf.	38,60	39,20	39,50	40,10	29,80	29,80	24,00	30,90	30,00	33,80	
		ampl.8h/14h ampl.8h/14h	temp. sup.	17,20	13,90	23,60	15,90	9,20	13,30	2,30	11,30	24,00	23,60	
	temp. inf.		16,60	12,80	15,50	14,70	8,80	9,70	2,10	10,10	17,40	18,50		
3	T. b. miner.	8h00	temp. sup.	22,50	27,00	22,80	24,50	22,50	22,30	21,60	21,10	19,60	17,90	
			temp. inf.	21,70	26,00	22,70	24,50	22,30	22,20	21,40	20,50	19,40	17,40	
		14h00	temp. sup.	38,80	39,00	46,30	40,10	32,50	33,00	24,00	31,20	41,60	35,30	
			temp. inf.	38,60	40,80	36,80	37,90	28,40	30,30	23,60	29,80	37,10	34,50	
		18h00	temp. sup.	38,60	41,50	37,70	35,70	32,70	34,20	24,00	32,40	32,70	32,70	
			temp. inf.	37,90	38,30	38,80	36,60	32,70	29,40	24,00	30,30	31,80	32,70	
4	T.b. alum.	8h00	temp. sup.	22,30	26,70	21,90	25,10	22,40	21,20	21,20	20,30	18,30	17,50	
			temp. inf.	22,70	26,30	22,40	25,10	22,20	21,80	21,10	20,50	18,50	17,60	
		14h00	temp. sup.	36,90	40,80	42,80	44,20	31,70	36,90	22,70	35,50	36,70	35,70	
			temp. inf.	35,30	37,70	36,30	38,20	28,00	30,20	22,70	30,20	32,70	31,30	
		18h00	temp. sup.	43,00	43,50	39,70	37,90	32,40	31,70	23,40	33,00	34,40	34,60	
			temp. inf.	38,80	38,20	34,90	36,90	30,90	30,20	23,20	31,30	32,40	31,20	
5	T.a. bran.	8h00	temp. sup.	21,90	24,90	21,20	24,70	21,90	21,40	21,10	20,30	18,50	17,20	
			temp. inf.	21,40	25,40	21,80	24,90	21,90	20,50	21,10	19,70	18,70	16,80	
		14h00	temp. sup.	36,00	36,40	35,80	38,40	28,00	29,60	23,00	28,80	31,30	31,10	
			temp. inf.	34,20	36,80	35,10	36,40	27,10	30,00	21,20	29,20	29,80	29,50	
		18h00	temp. sup.	36,60	37,90	35,40	34,30	30,20	28,50	23,00	29,80	30,30	30,20	
			temp. inf.	36,20	36,90	33,50	33,50	30,10	28,10	22,50	29,30	29,50	28,70	

Números das Placas	Data			17-07-2008	18-07-2008	21-07-2008	22-07-2008	23-07-2008	24-07-2008	25-07-2008	28-07-2008	29-07-2008	30-07-2008
	Temp. Ar		8h00	22,30	24,50	22,30	24,90	23,00	22,70	21,90	21,80	20,30	20,00
			14h00	29,10	31,40	28,70	31,10	25,90	27,30	22,70	24,00	26,90	26,70
			18h00	31,80	34,90	30,60	31,30	26,10	24,70	23,20	24,90	27,30	26,00
Amp. Térmica		8h/14h	6,80	6,90	6,40	6,20	2,90	4,60	0,80	2,20	6,60	6,70	
6	Rev. Cim. Branc.	8h00	temp. sup.	20,80	26,00	21,80	24,50	21,60	21,40	21,10	19,60	17,90	15,90
			temp. inf.	21,20	26,30	21,60	25,20	21,60	21,40	21,10	19,80	18,30	16,50
		14h00	temp. sup.	36,20	38,00	39,00	40,80	29,10	30,30	23,40	27,40	32,40	32,90
			temp. inf.	37,90	36,40	35,70	36,40	27,40	30,20	22,70	27,40	29,50	33,10
		18h00	temp. sup.	39,00	39,30	36,90	35,50	30,90	29,80	21,10	30,60	30,60	30,30
			temp. inf.	37,30	38,20	34,60	32,70	30,20	28,40	22,20	30,20	30,60	30,30
		ampl.8h/14h	temp. sup.	15,40	12,00	17,20	16,30	7,50	8,90	2,30	7,80	14,50	17,00
		ampl.8h/14h	temp. inf.	16,70	10,10	14,10	11,20	5,80	8,80	1,60	7,60	11,20	16,60
11	b. poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	21,20	26,30	21,40	24,90	21,20	20,30	20,90	19,60	17,40	17,00
			temp. inf.	23,10	26,00	22,40	25,40	21,80	20,90	20,90	19,00	17,90	16,50
		14h00	temp. sup.	35,30	38,80	36,40	38,60	27,80	30,90	22,90	28,90	31,70	30,20
			temp. inf.	35,70	38,00	33,30	36,40	27,60	29,80	22,70	27,80	31,30	29,50
		18h00	temp. sup.	36,50	38,20	35,10	33,50	28,70	27,80	26,20	28,90	29,10	29,80
			temp. inf.	36,40	38,20	35,30	33,10	28,40	27,60	28,50	29,10	28,40	29,10
		ampl.8h/14h	temp. sup.	14,10	12,50	15,00	13,70	6,60	10,60	2,00	9,30	14,30	13,20
		ampl.8h/14h	temp. inf.	12,60	12,00	10,90	11,00	5,80	8,90	1,80	8,80	13,40	13,00
16	is. Térm. + poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	22,50	27,30	22,20	26,00	21,10	20,30	20,50	20,30	17,00	18,60
			temp. inf.	23,20	26,20	22,50	26,00	21,10	20,00	20,70	20,00	17,60	18,10
		14h00	temp. sup.	37,10	38,20	37,10	37,90	30,20	30,60	23,20	30,60	31,70	33,50
			temp. inf.	34,90	36,80	35,50	36,40	27,60	28,70	22,90	28,70	30,00	30,30
		18h00	temp. sup.	35,10	37,70	34,00	31,40	27,30	26,70	25,80	28,20	28,20	28,50
			temp. inf.	36,00	38,60	35,70	33,50	28,40	27,60	26,20	28,70	28,90	28,60
		ampl.8h/14h	temp. sup.	14,60	10,90	14,90	11,90	9,10	10,30	2,70	10,30	14,70	14,90
		ampl.8h/14h	temp. inf.	11,70	10,60	13,00	10,40	6,50	8,70	2,20	8,70	12,40	12,20
19	b.leve. + poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	22,20	24,50	23,00	25,40	20,90	19,00	20,70	20,10	17,20	18,10
			temp. inf.	23,40	24,70	21,60	26,20	21,40	19,00	20,50	20,20	17,20	17,80
		14h00	temp. sup.	35,50	36,90	35,80	36,10	28,40	28,50	22,90	29,00	29,50	31,30
			temp. inf.	35,00	36,40	36,60	36,40	28,20	27,80	21,80	27,80	29,10	30,30
		18h00	temp. sup.	36,40	38,60	35,50	33,30	27,60	28,40	26,20	28,90	28,90	29,50
			temp. inf.	36,80	38,60	35,30	33,50	27,30	28,40	26,50	29,10	29,10	29,50
		ampl.8h/14h	temp. sup.	13,30	12,40	12,80	10,70	7,50	9,50	2,20	8,90	12,30	13,20
		ampl.8h/14h	temp. inf.	11,60	11,70	15,00	10,20	6,80	8,80	1,30	7,60	11,90	12,50

Números das Placas				chuva											
				Data		31-07-2008	01-08-2008	04-08-2008	05-08-2008	06-08-2008	07-08-2008	08-08-2008	11-08-2008	12-08-2008	13-08-2008
				Temp. Ar	8h00	21,10	20,30	20,80	23,20	22,30	21,40	20,90		20,90	18,30
14h00	29,60	25,40	31,30		26,70	27,40	24,90	30,20		28,70	26,00				
18h00	22,30	26,70	30,60		29,50	24,30	27,90	27,60		25,80	24,90				
Amp. Térmica		8h/14h	8,50	5,10	10,50	3,50	5,10	3,50	9,30		7,80	7,70			
1	S/ revest.	8h00	temp. sup.	20,10	19,80	20,00	22,50	22,50	20,60	19,20		21,80	17,20		
			temp. inf.	20,30	19,80	20,60	21,60	22,50	20,90	19,60		21,60	16,80		
		14h00	temp. sup.	32,70	33,80	40,21	36,00	34,60	30,00	42,80		35,30	31,70		
			temp. inf.	32,40	33,90	39,80	36,40	32,50	30,30	41,50		32,70	33,50		
		18h00	temp. sup.	22,50	30,60	35,80	35,90	28,20	33,50	32,50		16,70	28,50		
			temp. inf.	22,20	29,30	35,70	31,40	26,90	32,40	32,70		17,60	27,60		
2	Telas bet.	8h00	temp. sup.	20,70	20,20	20,70	22,90	23,00	21,20	19,60		22,50	17,40		
			temp. inf.	20,50	19,80	20,30	22,20	22,50	20,90	19,60		21,60	17,40		
		14h00	temp. sup.	34,90	38,80	46,40	41,70	38,20	33,60	49,50		40,80	42,20		
			temp. inf.	32,40	32,20	42,20	36,50	33,50	32,00	45,20		35,30	38,60		
		18h00	temp. sup.	22,50	33,70	41,70	38,80	30,60	33,40	37,50		21,50	32,50		
			temp. inf.	27,50	31,80	34,20	36,00	28,70	32,70	34,60		17,90	31,30		
		ampl.8h/14h	temp. sup.	14,20	18,60	25,70	18,80	15,20	12,40	29,90		18,30	24,80		
		ampl.8h/14h	temp. inf.	11,90	12,40	21,90	14,30	11,00	11,10	25,60		13,70	21,20		
3	T. b. miner.	8h00	temp. sup.	21,10	19,80	20,70	22,50	22,90	20,50	19,30		22,20	16,80		
			temp. inf.	20,70	19,80	20,50	22,20	22,20	20,60	19,40		21,60	16,50		
		14h00	temp. sup.	33,10	31,80	45,00	39,30	34,60	31,10	45,90		36,80	37,20		
			temp. inf.	31,30	33,50	43,70	37,10	32,90	29,80	41,50		34,20	37,10		
		18h00	temp. sup.	22,90	29,60	39,00	35,80	29,10	33,60	34,60		18,20	32,00		
			temp. inf.	22,50	33,10	35,10	35,00	28,00	31,30	34,20		15,10	29,30		
4	T.b. alum.	8h00	temp. sup.	20,50	19,00	19,60	21,40	21,80	20,30	18,50		21,20	16,50		
			temp. inf.	20,10	19,00	19,80	21,90	21,80	20,70	18,70		20,90	16,60		
		14h00	temp. sup.	31,30	34,20	43,80	36,20	33,10	31,80	39,90		34,20	34,70		
			temp. inf.	29,80	30,90	37,50	33,30	31,30	29,80	36,60		31,30	31,30		
		18h00	temp. sup.	21,90	31,40	37,70	36,40	29,50	29,80	33,70		17,70	31,10		
			temp. inf.	21,80	29,60	34,60	32,40	26,90	29,80	32,00		16,20	28,40		
5	T.a. bran.	8h00	temp. sup.	20,70	18,90	19,20	21,20	21,90	20,10	18,30		21,20	15,70		
			temp. inf.	20,30	18,30	19,60	21,60	21,60	20,00	18,40		20,90	14,20		
		14h00	temp. sup.	29,80	29,10	36,40	31,10	30,60	30,00	35,80		32,40	30,60		
			temp. inf.	29,50	27,60	36,40	32,90	30,60	28,40	35,30		32,00	29,80		
		18h00	temp. sup.	21,80	29,50	33,90	31,30	26,50	30,90	31,10		15,20	27,30		
			temp. inf.	21,40	28,70	34,60	30,60	26,20	30,20	31,30		14,90	26,90		

Números das Placas	Data			chuva									
				31-07-2008	01-08-2008	04-08-2008	05-08-2008	06-08-2008	07-08-2008	08-08-2008	11-08-2008	12-08-2008	13-08-2008
	Temp. Ar	8h00	21,10	20,30	20,80	23,20	22,30	21,40	20,90		20,90	18,30	
		14h00	29,60	25,40	31,30	26,70	27,40	24,90	30,20		28,70	26,00	
		18h00	22,30	26,70	30,60	29,50	24,30	27,90	27,60		25,80	24,90	
Amp. Térmica		8h/14h	8,50	5,10	10,50	3,50	5,10	3,50	9,30		7,80	7,70	
6	Rev. Cim. Branc.	8h00	temp. sup.	20,30	18,30	18,30	21,80	21,60	19,60	18,10		20,90	15,90
			temp. inf.	20,30	18,10	18,30	21,80	21,80	19,80	18,30		21,40	14,40
		14h00	temp. sup.	30,30	30,90	38,00	34,40	31,80	29,80	38,00		32,70	32,20
			temp. inf.	29,50	29,80	36,90	33,10	30,00	29,10	36,80		31,30	30,90
		18h00	temp. sup.	21,60	30,60	34,40	32,70	27,30	30,60	31,70		16,00	27,50
			temp. inf.	21,60	29,80	33,60	31,70	27,30	30,20	31,70		14,40	26,90
		ampl.8h/14h	temp. sup.	10,00	12,60	19,70	12,60	10,20	10,20	19,90		11,80	16,30
		ampl.8h/14h	temp. inf.	9,20	11,70	18,60	11,30	8,20	9,30	18,50		9,90	16,50
11	b. poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	20,30	18,50	19,00	21,60	23,80	19,20	17,80		20,50	14,50
			temp. inf.	20,10	18,20	18,70	21,60	24,10	20,10	18,10		20,90	13,90
		14h00	temp. sup.	28,70	29,80	36,60	32,20	30,20	29,10	35,70		29,80	29,80
			temp. inf.	28,70	28,00	36,80	32,70	30,60	29,50	35,70		29,90	30,60
		18h00	temp. sup.	21,20	31,30	33,50	30,30	26,50	29,10	29,80		15,60	26,20
			temp. inf.	21,70	31,20	33,50	30,00	26,20	29,50	30,60		14,50	26,20
		ampl.8h/14h	temp. sup.	8,40	11,30	17,60	10,60	6,40	9,90	17,90		9,30	15,30
		ampl.8h/14h	temp. inf.	8,60	9,80	18,10	11,10	6,50	9,40	17,60		9,00	16,70
16	is. Térm. + poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	19,80	18,70	19,00	21,80	23,80	19,00	17,60		21,60	14,50
			temp. inf.	19,80	18,30	19,00	21,60	23,80	21,20	17,60		21,20	16,30
		14h00	temp. sup.	27,80	30,60	39,30	34,20	31,40	28,50	37,50		31,30	32,40
			temp. inf.	27,40	28,50	37,30	31,80	30,40	29,20	35,50		30,00	30,60
		18h00	temp. sup.	20,50	30,00	32,20	29,10	25,20	28,20	29,30		15,10	25,20
			temp. inf.	21,80	30,90	34,20	30,90	26,90	28,40	29,80		15,70	26,20
		ampl.8h/14h	temp. sup.	8,00	11,90	20,30	12,40	7,60	9,50	19,90		9,70	17,90
		ampl.8h/14h	temp. inf.	7,60	10,20	18,30	10,20	6,60	8,00	17,90		8,80	14,30
19	b.leve. + poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	19,80	18,30	18,70	21,20	23,40	18,90	17,80		20,50	14,50
			temp. inf.	20,00	18,30	18,30	21,60	24,30	20,90	17,20		20,90	14,80
		14h00	temp. sup.	27,60	29,50	37,70	32,50	30,30	29,10	35,50		30,30	30,70
			temp. inf.	27,30	28,40	37,70	31,80	30,30	29,10	35,10		29,80	29,40
		18h00	temp. sup.	20,90	31,30	33,50	30,60	26,50	29,10	30,90		15,80	26,50
			temp. inf.	21,80	31,30	34,20	30,90	26,90	28,70	30,60		15,60	26,50
		ampl.8h/14h	temp. sup.	7,80	11,20	19,00	11,30	6,90	10,20	17,70		9,80	16,20
		ampl.8h/14h	temp. inf.	7,30	10,10	19,40	10,20	6,00	8,20	17,90		8,90	14,60

Números das Placas	Data				14-08-2008	18-08-2008	19-08-2008	20-08-2008	21-08-2008	22-08-2008	25-08-2008	26-08-2008	27-08-2008	28-08-2008
	Temp. Ar		8h00		19,40	20,70	18,90	18,10	19,40	19,80	21,80	19,60	21,20	21,40
			14h00		25,50	26,50	24,40	25,10	24,90	28,00	26,50	28,40	27,60	27,50
			18h00		25,50	28,40	25,10	25,90	23,40	28,50	27,10	28,90	29,10	26,00
Amp. Térmica			8h/14h		6,10	5,80	5,50	7,00	5,50	8,20	4,70	8,80	6,40	6,10
1	S/ revest.	8h00	temp. sup.		21,10	20,10	18,70	16,70	17,20	17,40	21,90	19,80	20,80	20,10
			temp. inf.		21,40	20,50	18,30	16,80	16,80	17,00	22,30	19,40	21,00	19,80
		14h00	temp. sup.		29,70	33,10	28,70	30,90	32,40	35,30	36,00	36,60	36,80	36,90
			temp. inf.		30,20	32,00	29,50	32,40	32,70	32,70	31,70	36,40	34,60	35,00
		18h00	temp. sup.		29,80	32,70	30,60	31,30	25,80	31,10	31,40	32,70	32,90	28,50
			temp. inf.		28,40	31,00	29,50	29,80	24,30	31,10	32,70	32,00	31,70	27,60
2	Telas bet.	8h00	temp. sup.		23,40	20,30	18,90	17,30	17,60	18,20	22,50	20,00	20,90	20,10
			temp. inf.		22,20	20,50	18,40	16,70	16,80	17,90	22,20	19,70	20,70	19,80
		14h00	temp. sup.		40,10	43,10	29,50	43,00	35,70	43,30	42,60	41,70	45,90	43,90
			temp. inf.		31,80	36,40	31,80	34,90	32,00	32,40	36,00	36,00	37,90	36,80
		18h00	temp. sup.		33,80	36,80	33,50	35,30	26,50	35,50	38,30	35,90	38,00	30,20
			temp. inf.		32,70	33,30	31,30	34,20	25,80	33,10	35,70	33,50	37,50	28,90
		ampl.8h/14h	temp. sup.		16,70	22,80	10,60	25,70	18,10	25,10	20,10	21,70	25,00	23,80
		ampl.8h/14h	temp. inf.		9,60	15,90	13,40	18,20	15,20	14,50	13,80	16,30	17,20	17,00
3	T. b. miner.	8h00	temp. sup.		22,50	20,40	18,50	16,70	17,20	17,60	22,20	19,60	20,30	20,00
			temp. inf.		21,80	20,50	17,90	16,10	16,80	17,80	21,90	19,20	20,30	20,00
		14h00	temp. sup.		35,70	37,70	35,30	37,90	35,30	37,90	39,70	38,60	40,60	40,50
			temp. inf.		32,20	36,40	29,80	34,20	32,40	34,90	37,50	36,10	36,40	36,60
		18h00	temp. sup.		31,50	34,20	31,30	33,80	27,30	32,70	36,00	34,20	37,90	29,80
			temp. inf.		31,30	32,50	30,90	31,20	26,90	32,00	35,30	33,80	35,70	29,80
4	T.b. alum.	8h00	temp. sup.		21,50	19,60	17,60	16,10	17,40	18,30	22,30	19,00	20,10	19,60
			temp. inf.		21,20	20,10	17,90	16,10	17,80	18,40	21,80	18,30	20,30	20,10
		14h00	temp. sup.		31,30	36,40	31,90	35,80	33,10	36,80	36,40	35,70	37,90	37,40
			temp. inf.		29,80	30,00	28,40	31,30	30,20	30,90	31,70	32,50	32,00	32,10
		18h00	temp. sup.		31,40	33,80	32,40	34,00	26,90	33,10	36,00	33,80	37,10	30,20
			temp. inf.		28,40	30,70	30,20	30,60	26,20	31,30	31,70	30,60	34,90	28,80
5	T.a. bran.	8h00	temp. sup.		19,40	19,40	17,80	16,30	17,40	18,10	21,60	18,50	20,00	19,40
			temp. inf.		19,40	18,10	17,40	15,00	15,00	17,80	21,40	18,70	20,10	19,00
		14h00	temp. sup.		29,10	32,00	27,80	30,60	29,80	31,40	32,40	32,00	33,50	32,80
			temp. inf.		28,40	28,70	27,60	28,70	29,10	29,80	31,60	31,30	32,00	32,00
		18h00	temp. sup.		27,30	29,80	28,90	29,30	25,10	29,60	31,40	29,80	33,10	27,80
			temp. inf.		26,90	29,50	28,70	29,10	24,70	29,10	30,60	29,80	32,70	27,30

Números das Placas	Data			14-08-2008	18-08-2008	19-08-2008	20-08-2008	21-08-2008	22-08-2008	25-08-2008	26-08-2008	27-08-2008	28-08-2008
	Temp. Ar		8h00	19,40	20,70	18,90	18,10	19,40	19,80	21,80	19,60	21,20	21,40
			14h00	25,50	26,50	24,40	25,10	24,90	28,00	26,50	28,40	27,60	27,50
			18h00	25,50	28,40	25,10	25,90	23,40	28,50	27,10	28,90	29,10	26,00
Amp. Térmica		8h/14h	6,10	5,80	5,50	7,00	5,50	8,20	4,70	8,80	6,40	6,10	
6	Rev. Cim. Branc.	8h00	temp. sup.	19,10	19,60	17,40	15,90	17,00	17,80	21,60	18,70	20,00	18,90
			temp. inf.	19,80	19,20	16,90	14,60	15,70	17,60	21,60	18,70	20,10	18,70
		14h00	temp. sup.	30,00	30,60	29,80	32,00	30,60	32,40	33,50	32,90	34,90	32,90
			temp. inf.	28,40	30,90	28,70	30,30	28,40	30,90	32,00	32,00	32,00	30,60
		18h00	temp. sup.	27,60	29,80	29,10	30,20	25,40	29,80	32,20	30,90	33,80	28,30
			temp. inf.	26,90	29,80	28,50	29,90	25,30	29,50	31,30	29,50	33,10	28,00
		ampl.8h/14h	temp. sup.	10,90	11,00	12,40	16,10	13,60	14,60	11,90	14,20	14,90	14,00
		ampl.8h/14h	temp. inf.	8,60	11,70	11,80	15,70	12,70	13,30	10,40	13,30	11,90	11,90
11	b. poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	19,20	19,50	17,00	15,50	17,40	17,90	21,60	18,50	19,80	18,50
			temp. inf.	19,40	19,00	16,40	15,20	15,90	17,50	21,90	18,50	20,10	19,00
		14h00	temp. sup.	28,70	31,40	29,30	29,80	28,70	30,90	31,70	31,30	32,70	31,80
			temp. inf.	29,30	30,60	29,10	29,10	27,60	30,20	31,70	31,70	31,70	30,90
		18h00	temp. sup.	25,80	28,70	28,00	28,70	25,10	28,70	31,30	29,10	31,80	27,30
			temp. inf.	26,00	28,90	27,80	29,30	24,90	28,50	30,90	29,10	32,00	27,10
		ampl.8h/14h	temp. sup.	9,50	11,90	12,30	14,30	11,30	13,00	10,10	12,80	12,90	13,30
		ampl.8h/14h	temp. inf.	9,90	11,60	12,70	13,90	11,70	12,70	9,80	13,20	11,60	11,90
16	is. Térm. + poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	20,50	19,60	16,70	15,40	15,60	17,40	21,90	15,40	19,80	18,70
			temp. inf.	19,20	19,20	16,50	15,40	16,70	18,10	21,90	16,70	20,10	19,00
		14h00	temp. sup.	32,00	34,20	31,70	30,60	28,00	32,40	33,10	32,70	34,20	34,00
			temp. inf.	28,90	30,70	29,50	28,90	28,00	29,60	30,90	31,40	31,40	32,10
		18h00	temp. sup.	24,90	27,80	26,70	27,80	24,10	27,80	30,70	28,40	30,70	26,00
			temp. inf.	25,40	28,70	27,60	28,70	25,10	29,10	31,30	29,50	32,40	27,60
		ampl.8h/14h	temp. sup.	11,50	14,60	15,00	15,20	12,40	15,00	11,20	17,30	14,40	15,30
		ampl.8h/14h	temp. inf.	9,70	11,50	13,00	13,50	11,30	11,50	9,00	14,70	11,30	13,10
19	b.leve. + poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	18,50	18,90	16,70	14,80	16,30	17,20	21,60	17,60	19,70	18,70
			temp. inf.	17,60	18,90	16,10	14,30	16,10	17,80	21,90	17,00	20,00	18,70
		14h00	temp. sup.	29,30	32,00	29,30	29,30	28,40	30,20	32,40	31,80	32,40	31,20
			temp. inf.	28,50	29,50	28,50	28,70	28,00	29,60	31,70	30,90	31,80	31,00
		18h00	temp. sup.	26,20	29,10	27,40	29,10	25,10	28,90	32,00	29,80	31,70	27,60
			temp. inf.	26,20	29,10	27,60	29,70	25,10	29,50	31,70	29,80	32,40	27,60
		ampl.8h/14h	temp. sup.	10,80	13,10	12,60	14,50	12,10	13,00	10,80	14,20	12,70	12,50
		ampl.8h/14h	temp. inf.	10,90	10,60	12,40	14,40	11,90	11,80	9,80	13,90	11,80	12,30

Números das Placas	Data			chuva																			
				29-08-2008	01-09-2008	02-09-2008	03-09-2008	04-09-2008	05-09-2008	08-09-2008	09-09-2008	10-09-2008	11-09-2008										
	Temp. Ar		8h00							18,90		20,00											
			14h00	26,80		27,60		26,40		24,30		25,60		27,10		28,70		24,70		25,80			
			18h00	27,30		26,50		23,70		21,90		22,10				26,90		25,60		26,30		24,60	
Amp. Térmica			8h/14h							8,20		4,70											
1	S/ revest.	8h00	temp. sup.	20,50		18,70		20,10								17,40		19,80					
			temp. inf.	20,50		18,30		19,80								16,80		19,40					
		14h00	temp. sup.	36,70		35,50		35,90		29,10		29,70				32,60		37,10		34,20		34,80	
			temp. inf.	34,20		35,30		35,50		27,60		28,10				32,60		34,90		33,80		34,60	
		18h00	temp. sup.	32,40		32,20		28,70		22,50		22,60				30,30		29,30		30,20		28,40	
			temp. inf.	31,70		33,10		27,50		22,50		22,40				30,20		27,60		27,60		27,50	
2	Telas bet.	8h00	temp. sup.	20,50		18,90		20,30								18,30		19,80					
			temp. inf.	20,50		18,30		20,10								16,80		19,20					
		14h00	temp. sup.	44,20		43,40		43,50		32,00		32,30				37,60		42,20		42,10		38,10	
			temp. inf.	37,80		36,20		37,10		28,70		29,00				34,50		37,20		37,10		37,60	
		18h00	temp. sup.	34,10		35,50		30,20		23,20		23,50				33,30		31,80		33,50		30,30	
			temp. inf.	34,60		35,30		27,60		22,90		22,80				29,80		30,20		31,70		28,90	
		ampl.8h/14h ampl.8h/14h	temp. sup.	23,70		24,50		23,20								19,30		22,30					
	temp. inf.		17,30		17,90		17,00										17,90						
3	T. b. miner.	8h00	temp. sup.	20,90		18,50		19,80								18,00		19,60					
			temp. inf.	20,60		17,90		19,80								17,60		19,20					
		14h00	temp. sup.	39,80		39,30		39,00		30,60		31,00				34,60		36,20		36,80		38,50	
			temp. inf.	35,80		36,40		36,50		28,40		28,90				34,10		35,30		36,20		36,70	
		18h00	temp. sup.	33,80		34,20		29,10		22,90		23,10				31,30		30,90		32,70		29,70	
			temp. inf.	32,40		32,70		29,10		22,90		22,80				30,60		30,60		30,90		29,70	
4	T.b. alum.	8h00	temp. sup.	20,20		18,00		19,00								17,80		18,70					
			temp. inf.	20,70		17,90		19,40								17,70		19,10					
		14h00	temp. sup.	38,00		37,20		37,60		29,10		29,60				33,70		35,80		34,70		36,20	
			temp. inf.	32,20		33,20		34,10		27,30		27,90				32,10		32,70		32,90		34,80	
		18h00	temp. sup.	34,90		34,70		30,00		22,70		22,90				31,80		31,30		32,00		30,10	
			temp. inf.	32,00		31,30		27,60		22,50		22,60				29,50		28,00		29,80		28,80	
5	T.a. bran.	8h00	temp. sup.	20,50		17,90		18,90								17,00		18,30					
			temp. inf.	20,10		17,80		19,00								15,90		17,00					
		14h00	temp. sup.	34,80		31,10		31,60		27,30		27,90				31,20		32,90		32,10		32,00	
			temp. inf.	32,10		31,30		31,50		26,50		27,30				31,40		31,80		31,60		31,80	
		18h00	temp. sup.	31,10		30,20		26,70		21,90		22,10				29,30		28,00		29,10		27,80	
			temp. inf.	30,60		30,20		26,50		21,90		21,70				28,50		27,60		28,40		27,20	

Números das Placas	Data			chuva				chuva		chuva		chuva		
				29-08-2008	01-09-2008	02-09-2008	03-09-2008	04-09-2008	05-09-2008	08-09-2008	09-09-2008	10-09-2008	11-09-2008	
	Temp. Ar		8h00	20,70	19,60	20,50					18,90	20,00		
			14h00	26,80	27,60	26,40	24,30	25,60			27,10	28,70	24,70	25,80
			18h00	27,30	26,50	23,70	21,90	22,10			26,90	25,60	26,30	24,60
Amp. Térmica		8h/14h	6,10	8,00	5,90					8,20	4,70			
6	Rev. Cim. Branc.	8h00	temp. sup.	19,90	17,50	18,70					16,70	15,40		
			temp. inf.	20,00	17,90	18,90					15,70	16,80		
		14h00	temp. sup.	34,60	33,10	33,50	28,20	29,00			31,70	33,80	32,00	33,10
			temp. inf.	32,00	31,70	31,40	27,40	27,90			31,70	32,70	31,10	32,40
		18h00	temp. sup.	31,70	30,60	26,90	21,90	22,20			28,70	28,50	29,10	28,60
			temp. inf.	30,60	30,00	25,60	21,80	21,70			28,40	27,60	28,40	28,00
		ampl.8h/14h	temp. sup.	14,70	15,60	14,80					16,60			
		ampl.8h/14h	temp. inf.	12,00	13,80	12,50					14,30			
11	b. poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	19,60	17,60	18,30					16,70			
			temp. inf.	19,60	17,20	18,90					16,40			
		14h00	temp. sup.	32,40	31,40	31,40	28,20	28,90			29,80	32,00	31,80	32,50
			temp. inf.	31,50	32,00	32,10	27,40	27,70			30,50	33,60	30,90	31,70
		18h00	temp. sup.	30,20	29,10	25,80	21,60	21,80			27,60	27,60	27,60	27,60
			temp. inf.	29,80	29,50	25,90	21,80	21,60			27,60	27,10	27,30	27,40
		ampl.8h/14h	temp. sup.	12,80	13,80	13,10					15,10			
		ampl.8h/14h	temp. inf.	11,90	14,80	13,20					14,50			
16	is. Térm. + poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	19,40	17,40	18,50					10,80			
			temp. inf.	19,60	16,80	18,10					17,00			
		14h00	temp. sup.	34,00	33,10	33,40	29,80	30,10			29,40	34,90	34,10	34,10
			temp. inf.	31,20	32,20	32,10	26,70	27,10			29,90	32,20	31,60	32,60
		18h00	temp. sup.	29,30	28,50	24,50	20,50	20,80			27,60	26,70	26,30	25,90
			temp. inf.	30,60	30,20	26,50	22,20	22,10			27,60	27,60	26,90	27,40
		ampl.8h/14h	temp. sup.	14,60	15,70	14,90					23,30			
		ampl.8h/14h	temp. inf.	11,60	15,40	14,00					14,60			
19	b.leve. + poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	19,20	17,20	18,50					16,70			
			temp. inf.	19,00	16,70	17,60					16,80			
		14h00	temp. sup.	31,40	32,20	32,00	29,10	29,50			31,00	32,90	33,00	33,00
			temp. inf.	30,90	31,30	31,10	27,20	27,40			30,60	32,20	31,90	32,10
		18h00	temp. sup.	30,90	29,10	26,20	21,90	22,10			27,60	28,00	27,60	27,50
			temp. inf.	30,60	30,20	25,80	21,90	22,00			27,80	28,40	27,30	27,50
		ampl.8h/14h	temp. sup.	12,20	15,00	13,50					16,30			
		ampl.8h/14h	temp. inf.	11,90	14,60	13,50					15,10			

				chuva	chuva				chuva					
Números das Placas	Data				12-09-2008	15-09-2008	16-09-2008	17-09-2008	18-09-2008	19-09-2008	22-09-2008	23-09-2008	24-09-2008	25-09-2008
	Temp. Ar		8h00	16,80	17,00		19,00	23,00	18,10		19,70	20,00	19,00	
			14h00	24,50	27,80		25,80	31,80		26,30	25,60	24,90		
			18h00		23,80		22,00		28,50		27,10	24,30	27,70	
	Amp. Térmica		8h/14h	7,70	10,80		6,80	8,80			6,60	5,60	5,90	
1	S/ revest.	8h00	temp. sup.	14,50	15,40		18,70	20,30	16,30		19,90	19,00	17,20	
			temp. inf.	14,30	15,90		17,90	20,60	16,80		19,50	18,30	17,20	
		14h00	temp. sup.	33,50	32,70		29,50	35,50	28,30		32,70	29,80	29,80	
			temp. inf.	32,00	32,00		29,80	35,70	28,50		32,60	29,10	29,80	
		18h00	temp. sup.		26,70		28,60	32,20	34,20		30,50	26,50	28,50	
			temp. inf.		27,90		28,40	33,10	32,40		28,40	26,90	30,90	
2	Telas bet.	8h00	temp. sup.	15,40	16,70		18,70	20,60	17,00		19,80	19,00	17,40	
			temp. inf.	13,50	15,40		18,30	18,90	17,00		19,10	18,70	17,20	
		14h00	temp. sup.	36,60	39,50		33,10	39,30	32,00		40,10	34,20	33,30	
			temp. inf.	35,70	34,90		29,60	36,60	30,10		35,70	30,20	30,60	
		18h00	temp. sup.		30,50		30,70	34,90	36,60		32,40	29,80	33,60	
			temp. inf.		30,20		29,50	32,50	35,70		30,60	26,90	32,00	
		ampl.8h/14h	temp. sup.	21,20	22,80		14,40	18,70	15,00		20,30	15,20	15,90	
		ampl.8h/14h	temp. inf.	22,20	19,50		11,30	17,70	13,10		16,60	11,50	13,40	
3	T. b. miner.	8h00	temp. sup.	15,90	15,20		18,70	20,50	17,00		19,50	19,00	17,60	
			temp. inf.	13,50	15,40		19,10	18,10	15,70		19,00	18,30	16,80	
		14h00	temp. sup.	34,60	34,90		32,00	37,90	32,00		37,10	33,50	32,00	
			temp. inf.	32,80	32,70		31,30	35,30	29,10		31,30	31,80	29,10	
		18h00	temp. sup.		29,20		30,70	33,50	34,90		31,40	28,20	33,10	
			temp. inf.		29,10		29,50	31,80	34,40		30,20	28,40	32,70	
4	T.b. alum.	8h00	temp. sup.	14,20	14,60		17,90	19,80	16,80		18,60	18,70	17,60	
			temp. inf.	13,90	14,80		17,40	18,80	16,50		18,90	18,70	17,60	
		14h00	temp. sup.	32,60	35,80		30,90	37,10	31,00		34,60	31,10	30,90	
			temp. inf.	29,50	30,90		29,80	34,20	27,50		30,40	29,50	27,80	
		18h00	temp. sup.		30,00		29,80	30,00	35,40		31,10	29,50	33,60	
			temp. inf.		27,60		28,40	27,50	32,40		28,20	27,30	32,00	
5	T.a. bran.	8h00	temp. sup.	15,20	15,40		17,60	19,70	16,90		17,90	17,80	16,80	
			temp. inf.	13,30	14,60		17,20	16,40	16,50		16,90	17,90	17,20	
		14h00	temp. sup.	26,70	30,00		28,70	34,00	28,10		30,20	27,80	28,00	
			temp. inf.	26,20	29,50		28,00	32,70	27,90		28,70	28,90	27,80	
		18h00	temp. sup.		26,50		27,80	31,00	32,20		28,50	26,00	30,00	
			temp. inf.		26,20		27,30	30,50	31,80		27,30	26,00	30,20	

				chuva	chuva				chuva					
Números das Placas	Data				12-09-2008	15-09-2008	16-09-2008	17-09-2008	18-09-2008	19-09-2008	22-09-2008	23-09-2008	24-09-2008	25-09-2008
	Temp. Ar		8h00	16,80	17,00		19,00	23,00	18,10			19,70	20,00	19,00
			14h00	24,50	27,80		25,80	31,80			26,30	25,60	24,90	
			18h00		23,80		22,00		28,50		27,10	24,30	27,70	
	Amp. Térmica		8h/14h	7,70	10,80		6,80	8,80				6,60	5,60	5,90
6	Rev. Cim. Branc.	8h00	temp. sup.	15,60	14,50		16,60	19,60	16,70			15,40	17,60	15,70
			temp. inf.	13,30	13,90		16,80	17,10	16,50		16,80	18,30	17,60	
		14h00	temp. sup.	28,70	30,90		29,10	34,20	28,30			32,00	29,70	28,70
			temp. inf.	28,00	29,80		28,70	32,40	27,90		30,60	28,40	28,30	
		18h00	temp. sup.		26,90		28,00	29,50	32,10		28,40	25,80	29,80	
			temp. inf.		26,50		27,60	27,90	32,40		27,30	25,80	29,80	
		ampl.8h/14h ampl.8h/14h	temp. sup.	13,10	16,40		12,50	14,60	11,60		16,60	12,10	13,00	
			temp. inf.	14,70	15,90		11,90	15,30	11,40		13,80	10,10	10,70	
11	b. poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	14,10	13,80		17,00	17,00	16,10			16,10	17,60	16,10
			temp. inf.	14,30	13,20		17,60	16,30	16,73		15,90	17,60	15,50	
		14h00	temp. sup.	27,00	29,80		28,40	31,40	28,50			30,90	28,00	28,70
			temp. inf.	27,10	29,80		28,40	30,90	27,80		29,80	28,00	28,00	
		18h00	temp. sup.		25,60		27,30	27,30	30,90		26,90	25,40	29,30	
			temp. inf.		25,80		27,00	26,90	31,21		26,70	24,70	31,10	
		ampl.8h/14h ampl.8h/14h	temp. sup.	12,90	16,00		11,40	14,40	12,40		14,80	10,40	12,60	
			temp. inf.	12,80	16,60		10,80	14,60	11,07		13,90	10,40	12,50	
16	is. Térm. + poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	13,80	13,40		13,00	17,90	16,10			11,90	17,70	14,10
			temp. inf.	13,80	14,10		14,50	15,60	16,60		12,50	17,90	16,30	
		14h00	temp. sup.	23,80	30,00		28,00	30,70	31,50			33,50	30,60	30,60
			temp. inf.	26,60	29,60		28,00	30,90	30,40		30,30	26,70	28,50	
		18h00	temp. sup.		24,90		26,30	20,90	30,30		25,60	24,10	28,70	
			temp. inf.		25,80		26,90	22,50	31,30		26,50	25,10	31,10	
		ampl.8h/14h ampl.8h/14h	temp. sup.	10,00	16,60		15,00	12,80	15,40		21,60	12,90	16,50	
			temp. inf.	12,80	15,50		13,50	15,30	13,80		17,80	8,80	12,20	
19	b.leve. + poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	13,80	13,30		11,40	16,70	16,20			10,90	17,20	15,00
			temp. inf.	13,70	13,20		15,20	17,00	15,60		13,60	17,60	16,50	
		14h00	temp. sup.	25,60	29,80		28,00	31,30	30,00			31,30	28,80	29,30
			temp. inf.	26,90	29,50		27,80	30,90	29,20		30,30	27,10	28,90	
		18h00	temp. sup.		25,80		27,30	27,50	31,30		26,90	24,70	29,50	
			temp. inf.		26,20		27,20	27,70	31,30		26,50	25,40	31,40	
		ampl.8h/14h ampl.8h/14h	temp. sup.	11,80	16,50		16,60	14,60	13,80		20,40	11,60	14,30	
			temp. inf.	13,20	16,30		12,60	13,90	13,60		16,70	9,50	12,40	

Números das Placas	Data			26-09-2008	
	Temp. Ar		8h00	18,70	
			14h00	26,10	
			18h00	25,40	
	Amp. Térmica		8h/14h	7,40	
1	S/ revest.	8h00	temp. sup.	17,60	
			temp. inf.	16,80	
		14h00	temp. sup.	29,70	
			temp. inf.	29,60	
		18h00	temp. sup.	26,00	
			temp. inf.	30,60	
2	Telas bet.	8h00	temp. sup.	17,30	
			temp. inf.	17,20	
		14h00	temp. sup.	33,10	
			temp. inf.	31,00	
		18h00	temp. sup.	32,60	
			temp. inf.	32,70	
		ampl.8h/14h	temp. sup.	15,80	
		ampl.8h/14h	temp. inf.	13,80	
3	T. b. miner.	8h00	temp. sup.	17,20	
			temp. inf.	17,20	
		14h00	temp. sup.	31,90	
			temp. inf.	29,00	
		18h00	temp. sup.	31,70	
			temp. inf.	32,30	
4	T.b. alum.	8h00	temp. sup.	17,40	
			temp. inf.	17,20	
		14h00	temp. sup.	31,00	
			temp. inf.	27,50	
		18h00	temp. sup.	32,70	
			temp. inf.	31,20	
5	T.a. bran.	8h00	temp. sup.	17,20	
			temp. inf.	16,80	
		14h00	temp. sup.	28,10	
			temp. inf.	27,80	
		18h00	temp. sup.	28,90	
			temp. inf.	29,60	

Números das Placas	Data			26-09-2008	
	Temp. Ar		8h00	18,70	
			14h00	26,10	
			18h00	25,40	
Amp. Térmica			8h/14h	7,40	
6	Rev. Cim. Branc.	8h00	temp. sup.	16,30	
			temp. inf.	16,50	
		14h00	temp. sup.	28,60	
			temp. inf.	28,20	
		18h00	temp. sup.	29,10	
			temp. inf.	29,10	
		ampl.8h/14h	temp. sup.	12,30	
		ampl.8h/14h	temp. inf.	11,70	
11	b. poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	15,70	
			temp. inf.	16,50	
		14h00	temp. sup.	28,90	
			temp. inf.	28,10	
		18h00	temp. sup.	28,50	
			temp. inf.	28,40	
		ampl.8h/14h	temp. sup.	13,20	
		ampl.8h/14h	temp. inf.	11,60	
16	is. Térm. + poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	15,40	
			temp. inf.	16,80	
		14h00	temp. sup.	31,00	
			temp. inf.	29,10	
		18h00	temp. sup.	27,80	
			temp. inf.	29,10	
		ampl.8h/14h	temp. sup.	15,60	
		ampl.8h/14h	temp. inf.	12,30	
19	b.leve. + poliu. Branc.	8h00	temp. sup.	15,60	
			temp. inf.	16,80	
		14h00	temp. sup.	29,40	
			temp. inf.	28,60	
		18h00	temp. sup.	28,40	
			temp. inf.	29,10	
		ampl.8h/14h	temp. sup.	13,80	
		ampl.8h/14h	temp. inf.	11,80	

				chuva				
Número das Placas	Data			15-09-2008	16-09-2008	17-09-2008	18-09-2008	19-09-2008
	Temp. Ar		8h00	20,00	20,00	21,00	23,00	21,00
			14h00	29,10	26,00	28,00	29,30	28,90
			18h00	28,00	25,00	25,80	26,90	28,50
1	S/ revest.	8h00	temp. sup.					
			temp. inf.					
		14h00	temp. sup.	32,00		30,60	32,70	30,90
			temp. inf.	30,20		30,00	30,60	30,00
		18h00	temp. sup.	29,70		28,40	27,60	28,70
			temp. inf.	30,10		28,70	26,90	27,30
2	Telas bet.	8h00	temp. sup.					
			temp. inf.					
		14h00	temp. sup.	35,80		33,50	35,70	32,80
			temp. inf.	31,30		30,20	32,40	29,50
		18h00	temp. sup.	31,50		31,70	29,80	30,20
			temp. inf.	32,50		30,60	27,30	28,40
9	T. b.alum. /Rev. Cimentício	8h00	temp. sup.					
			temp. inf.					
		14h00	temp. sup.	27,80		27,40	28,20	27,30
			temp. inf.	27,10		27,40	28,50	27,20
		18h00	temp. sup.	26,80		26,70	25,60	26,70
			temp. inf.	26,50		26,50	25,20	27,10
12	T.bet. / Pol. Branco	8h00	temp. sup.					
			temp. inf.					
		14h00	temp. sup.	28,40		28,40	29,10	28,10
			temp. inf.	27,30		28,00	28,40	27,80
		18h00	temp. sup.	27,50		27,60	25,80	27,10
			temp. inf.	27,00		26,90	25,40	27,30
6	Rev. Cim. Branco	8h00	temp. sup.					
			temp. inf.					
		14h00	temp. sup.	26,90		29,10	28,70	29,00
			temp. inf.	26,20		28,00	28,00	28,70
		18h00	temp. sup.	25,90		27,70	25,40	27,00
			temp. inf.	25,50		26,90	25,40	26,50

Número das Placas			chuva				
	Data		15-09-2008	16-09-2008	17-09-2008	18-09-2008	19-09-2008
	Temp. Ar	8h00	20,00	20,00	21,00	23,00	21,00
		14h00	29,10	26,00	28,00	29,30	28,90
		18h00	28,00	25,00	25,80	26,90	28,50
11	b. poliu. Branc.	8h00	temp. sup.				
			temp. inf.				
		14h00	temp. sup.	26,30	28,40	28,20	28,90
			temp. inf.	25,60	27,80	27,80	28,20
		18h00	temp. sup.	25,00	26,70	24,90	26,90
			temp. inf.	25,10	26,90	25,10	27,10
18	is. Térm. + poliu. Branc.	8h00	temp. sup.				
			temp. inf.				
		14h00	temp. sup.	27,30	28,70	28,40	29,10
			temp. inf.	25,20	27,40	26,50	26,90
		18h00	temp. sup.	24,80	24,50	23,60	26,00
			temp. inf.	25,10	26,90	25,40	26,50
17	b.leve. + poliu. Branc.	8h00	temp. sup.				
			temp. inf.				
		14h00	temp. sup.	26,30	28,50	28,20	28,90
			temp. inf.	26,00	27,60	26,90	27,10
		18h00	temp. sup.	25,40	26,30	24,70	26,90
			temp. inf.	25,80	27,50	25,80	26,70