



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharias

Barreiras de radão à base de impermeabilizantes líquidos em pedras naturais

(Versão final após defesa)

João Filipe Elvas Durão

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil
(Ciclo de estudos integrado)

Orientador: Prof. Doutor Pedro Gabriel de Faria Lapa Barbosa de Almeida
Co-orientador: Prof. Doutor João Carlos Gonçalves Lanzinha

Covilhã, Novembro de 2017

Agradecimentos

Antes de mais quero agradecer ao Professor Doutor Pedro Almeida, por ter aceite prontamente ser o orientador deste trabalho. Agradeço-lhe ainda por toda a ajuda, disponibilidade e compreensão que demonstrou para comigo no decorrer deste ano letivo.

Agradeço ao Professor Doutor João Lanzinha, na qualidade de coorientador, pela ajuda e motivação que me transmitiu no desenrolar do ano letivo. Agradeço-lhe também pelos momentos informais de amizade e convívio que foram surgindo ao longo do ano.

À Professora Doutora Sandra Soares, agradeço por toda a paciência, amabilidade e disponibilidade que demonstrou, pelos seus ensinamentos em redor da Física das Radiações que muito me ajudaram no desenrolar deste trabalho.

A Professora Margarida Inácio e o meu colega de laboratório Yoens Prata foram duas pessoas que também muito me ajudaram durante este trabalho, e aos quais deixo um sincero agradecimento.

Agradeço ao Professor Doutor João Castro Gomes por me ter disponibilizado o laboratório onde decorreram os ensaios de permeabilidade ao oxigénio.

Ao Carlos Moura e ao Filipe Ramalho grandes amigos que sempre me apoiaram ao longo de todo o caminho que percorri até aqui.

Aos meus colegas de curso e àqueles que no desenrolar deste percurso académico se tornaram grandes amigos, por me acompanharem nos bons e maus momentos, nas longas noites de estudo tal como nas longas noites de “farra”.

À Marina e à Família Melo agradeço os bons momentos, apoio, e a forma calorosa com que me acolheram.

Por último, mas não menos importante, agradeço a toda a minha família em especial aos meus pais, irmã e avós por tudo o que têm feito por mim ao longo de todo o meu percurso, sendo eles os grandes pilares da minha vida.

Resumo

Métodos de construção antigos utilizavam recursos naturais da própria região para construir edifícios, tais como madeiras, argilas e pedras. Segundo os censos de 2011, 189 072 edifícios apresentam estrutura em alvenaria de pedra, sendo que o granito era muito utilizado nas zonas de Trás-os-Montes, Beiras e Douro Litoral. Por questões estéticas muitas dessas paredes de granito são mantidas à vista.

O granito é uma rocha rica em rádio e urânio, esta liberta grandes quantidades de radão que se acumulam no interior dos edifícios. O radão é um gás incolor e inodoro, responsável por ser a maior causa de cancro do pulmão a seguir ao tabaco. Atualmente em Portugal, a Portaria n.º 353-A/2013 fixa o limite máximo de concentração em 400 Bq/m³ para edifícios existentes.

Procurando manter a beleza do granito à vista e ao mesmo tempo diminuir a concentração de radão no ambiente interior, pretendeu-se estudar neste trabalho a capacidade de alguns revestimentos satisfazerem ambas as situações. A fim de estudar a contribuição de alguns materiais para reduzir a concentração de radão, foram executados dois tipos de ensaio distintos, conhecer a concentração de radão proveniente de amostras de granito e calcular o seu coeficiente de permeabilidade ao oxigénio. Os ensaios foram executados inicialmente para as amostras de granito sem revestimento e posteriormente com revestimento, de forma a comparar as diferenças obtidas com a aplicação dos revestimentos em estudo. Os revestimentos selecionados foram: verniz, hidrofugante e silicone líquido.

Estima-se que o verniz reduza a concentração de radão entre 32 e 72%. Após interpretar estatisticamente os resultados, o verniz e o hidrofugante reduziram aproximadamente 40% da concentração de radão, enquanto o silicone líquido aumentou ligeiramente a concentração em 10%. Quanto à permeabilidade ao oxigénio, o silicone apresentou uma redução de 89% do coeficiente de permeabilidade, enquanto o verniz reduziu 79% e o hidrofugante apresentou uma redução de 65%. É necessário efetuar mais estudos referentes à redução de concentração de radão por parte destes materiais, para isso foi projetado um novo modelo de ensaio ao radão. O novo modelo deverá ser utilizado em futuros trabalhos da mesma natureza.

Palavras-chave

Radão, coeficiente de permeabilidade ao oxigénio, granito, verniz, hidrofugante, silicone.

Abstract

Ancient construction methods used the region's own natural resources to construct buildings, such as wood, clay, and rocks. According to the 2011 census, 189 072 buildings have rock masonry structure, since granite was widely used in the Trás-os-Montes, Beiras and littoral Douro regions. Because of aesthetic reasons many of these granite walls are kept in plain sight.

Since the granite is a rock with a rich content of radio and uranium, it releases large amounts of radon, which accumulate inside the buildings. The radon is a colorless and odorless gas that is responsible to be the biggest cause of lung cancer after tobacco. Currently in Portugal, the "Portaria" n°. 353-A/2013 sets the maximum concentration limit in $400\text{Bq}/\text{m}^3$ for existing buildings.

Looking to maintain the granite's beauty in sight and at the same time to reduce the radon concentration indoors, the current thesis aims to study the capacity of some coatings to satisfy both situations. To understand the contribution of some materials to reduce the radon concentration, two different kinds of test were performed. To know the radon concentration from granite samples and to calculate their oxygen permeability coefficient. The tests were performed initially for the uncoated and then coated granite samples in order to compare the differences obtained after applying the coatings under study. The coatings selected were: varnish, water repellent and liquid silicone.

It is estimated that the varnish reduces radon concentration between 32 and 72%. In another statistical interpretation the varnish and the water repellent reduced approximately 40% of the radon concentration, while the liquid silicone slightly increased the concentration by 10%. About oxygen permeability, the silicon showed a reduction of 89% in the permeability coefficient, while the varnish reduced 79% and the water repellent showed a reduction of 65%. It is necessary to carry out further studies concerning the reduction of radon concentration by these materials, for which a new radon test model has been designed. The new model should be used in future works like this.

Keywords

Radon, oxygen permeability coefficient, granite, varnish, water repellent, silicone.

Índice

Introdução	1
1. Radão e a Saúde	3
1.1. Origem do Radão	3
1.2. Riscos para a Saúde	6
1.3. Legislação	8
2. A Construção e a Concentração de Radão	9
2.1. Parque Habitacional Português	9
2.1.1. Caracterização do parque edificado português	9
2.1.2. Estado de conservação	10
2.1.3. Principais sistemas construtivos	11
2.2. Concentração de Radão em Portugal	11
2.3. Concentração de radão em ambiente interior	13
2.4. Métodos de construção preventivos	16
2.5. Métodos de construção corretivos	18
2.6. Produtos de revestimento	22
2.6.1. Vernizes	23
2.6.2. Hidrofugantes	25
2.6.3. Silicones líquidos	27
2.7. Coeficiente de difusão ao radão	29
2.8. Coeficiente de permeabilidade ao oxigénio	33
3. Metodologia e trabalhos laboratoriais	35
3.1. Detecção de radão e seus descendentes	36
3.1.1. <i>Detetores CR39 e sistema Radosys</i>	37

3.1.2. <i>Processo de Leitura e Medição</i>	38
3.1.3. <i>Formulação teórica de estatística</i>	43
3.2. Determinação da concentração de radão	44
3.3. Coeficiente de permeabilidade do oxigénio	48
4. Apresentação de resultados	53
4.1. Concentração de Radão	53
4.2. Coeficiente de Difusão ao Oxigénio	57
5. Discussão dos Resultados	59
6. Proposta de um novo modelo de ensaio ao radão	63
6.1. Com detetores passivos	64
6.2. Detetores ativos	64
7. Conclusão	67
Referências Bibliográficas	69
Anexos	73

Lista de Figuras

Figura 1 - Esquema da série de decaimento do Urânio.	4
Figura 2 - O esquema mostra o radão e a sua atividade, sendo esta de meia-vida.	6
Figura 3 - Carta geológica simplificada de Portugal Continental.	12
Figura 4 - Concentrações médias anuais de radão em Portugal Continental.	12
Figura 5 - Formas de entrada de radão no interior dos edifícios.	14
Figura 6 - Estudo sobre a variação diurna da taxa de exalação de radão e da concentração de radão e seus descendentes.	15
Figura 7 - Valores da concentração de radão em dois compartimentos de uma habitação no Reino Unido.	16
Figura 8 - Propostas da relação edifício/terreno para redução do nível de radão.	17
Figura 9 - Desvão sanitário com ventilação mecânica.	17
Figura 10 - Sistema de mitigação Extração da concentração de radão abaixo da laje térrea com auxílio de ventilador.	18
Figura 11 - Sistema de mitigação de radão proveniente da laje térrea.	19
Figura 12 - Sistema de mitigação de radão na zona de desvão sanitário. Adaptado.	20
Figura 13 - Sistema de despressurização da laje térrea.	21
Figura 14 - Exemplo de sala de estar onde se mantém o granito á vista.	23
Figura 15 - Produto Betocryl da CIN, verniz acrílico aquosa.	24
Figura 16 - Produto HIDRO SB FACHADAS, hidrofugante de silicone base solvente.	26
Figura 17 - Silicone líquido, Rubson SL3000.	28
Figura 18 - Método A, sob condições não estacionárias.	30
Figura 19 - Métodos B e C sob condições estacionárias.	30
Figura 20 - Resumo dos coeficientes de difusão de Radão realizados em vários materiais de isolamento anti radão.	32

Figura 21 - Câmaras de difusão dos detetores CR39.	37
Figura 22 - Detetor CR39 fixado na tampa da câmara de difusão.	38
Figura 23- Etapas de deteção de partículas alfa no detetor plástico de traços.	38
Figura 24 - Suporte com os detetores CR39.	39
Figura 25 - Unidade NanoReader Bath.	39
Figura 26 - Suporte com os detetores CR39 mergulhados na solução.	40
Figura 27- Lavagem final dos detetores CR39 em água destilada.	41
Figura 28 - Microscópio NanoReader da Radosys.	41
Figura 29 - Observação de um detetor através do microscópio NanoReader.	42
Figura 30 - Corte das amostras de granito.	44
Figura 31 - Moldes de madeira para pintura homogénea das amostras.	45
Figura 32 - Moldes segurando as amostras antes e depois da aplicação do revestimento.	46
Figura 33- Detetor selado dentro da manga plástica e detetor livre.	47
Figura 34 - Colocação dos detetores em redor da amostra e selagem do conjunto.	47
Figura 35 - Permeâmetro para ensaio da permeabilidade ao oxigénio.	48
Figura 36 - Extração dos corpos de prova utilizando a caroteadora.	49
Figura 37 - Corte dos corpos de prova a ensaiar.	49
Figura 38 - Amostras impermeabilizadas lateralmente e devidamente identificadas.	50
Figura 39 - Fases de preparação do ensaio de permeabilidade.	51
Figura 40 - Aplicação dos revestimentos nas amostras.	51
Figura 41 - Ensaio relativo à posição dos detetores com utilização de um provete com 1000cm ³ .	56
Figura 42 - Modelo de ensaio proposto.	63
Figura 43 - Esquema de encaixe do separador central na caixa B.	65

Figura 44 - Método A, sob condições não estacionárias.	65
Figura 45 - Métodos B e C sob condições estacionárias.	66

Lista de Tabelas

Tabela 1 -Quantidade média de urânio e tório presente em alguns tipos de rochas (expresso em partes por milhão) [8].	5
Tabela 2 - Algumas propriedades físicas do ²²² Rn.	5
Tabela 3 - Risco de desenvolver cancro, relacionando várias concentrações de radão com a população fumadora e não fumadora.	7
Tabela 4 - Número de edifícios existentes, por época de construção, de acordo com os Censos 2011.	10
Tabela 5 - Estado de conservação dos edifícios existentes em Portugal em função das necessidades de reparação, por época de construção.	10
Tabela 6 - Características técnicas do verniz Betocryl.	24
Tabela 7 - Condições ambientais necessárias para aplicação do produto.	25
Tabela 8 - Características técnicas do hidrofugante, HIDRO SB FACHADAS.	26
Tabela 9 - Condições ambientais necessárias para aplicação do produto.	27
Tabela 10 - Características técnicas de Rubson SL3000.	28
Tabela 11 - Condições ambientais necessárias para aplicação do produto.	29
Tabela 12 - Identificação dos detetores e da duração da 1ª fase de ensaios	45
Tabela 13 - Identificação dos detetores e da duração da 2ª fase de ensaios	46
Tabela 14 - Identificação dos detetores e da duração da 3ª fase de ensaios	48
Tabela 15 - Dimensões das amostras utilizadas no permeâmetro.	50
Tabela 16 - Valores das concentrações de radão obtidos na 1ª fase de ensaios.	53
Tabela 17 - Valores das concentrações de radão obtidos na 2ª fase de ensaios.	54
Tabela 18 - Valores das concentrações de radão obtidos na 3ª fase de ensaios.	54
Tabela 19 - Valores das concentrações de radão obtidos na 4ª fase de ensaios.	56
Tabela 20 - Valores das concentrações de radão obtidos na 5ª fase de ensaios	57
Tabela 21 - Coeficiente de permeabilidade das amostras sem revestimento aplicado.	57
Tabela 22 - Coeficiente de permeabilidade das amostras com revestimento aplicado.	58
Tabela 23 - Diferença das concentrações de radão com e sem revestimentos aplicados, 1ª e 2ª fase de ensaios respetivamente.	59
Tabela 24 - Diferença entre as concentrações de radão com e sem verniz, 3ª e 4ª fase de ensaios respetivamente.	60

Tabela 25 - Médias do 1º e 2º ensaio.	60
Tabela 26 - Médias do 3º e 4º ensaio.	61
Tabela 27 - Diferença obtida pela introdução de revestimentos.	62

Lista de Acrónimos

ADENE	Agência para a Energia (Portugal)
CIN	Corporação Industrial do Norte, S.A.
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
CR39	Monómero diallil-carbonato-dietileno-glicol, usado como detetor
DECA	Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura
IARC	International Agency for Research on Cancer
LabExpoRad	Laboratório de Estudos dos Efeitos da Exposição ao Radão
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
OMS	Organização Mundial de Saúde (iniciais em Português)
PVC	Polyvinyl chloride
SMD	Sub-Membrane depressurization
SSD	Sub-slab depressurization
SSNTD	Detetores de traços nucleares de estado sólido
UBI	Universidade da Beira Interior
USEPA	United States Environmental Agency
WHO	World Health Organization
RCCTE	Regulamento da Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

Introdução

Atualmente a população passa grande parte das suas vidas em espaços fechados, seja em habitações, serviços ou comércio. Desta forma a saúde e o conforto da população dependem muito da qualidade do ar no interior dos edifícios, que por sua vez depende da ventilação dos espaços e da presença de alguns componentes prejudiciais à saúde tais como gases, partículas microbianas e matéria particulada [1].

Um dos gases que afeta a qualidade do ar interior é o radão, um gás radioativo de origem natural que se forma a partir do rádio resultante do decaimento radioativo do urânio. Pequenas quantidades de rádio e urânio fazem parte da constituição de solos e rochas, estando conseqüentemente presentes em alguns materiais de construção.

Estima-se que o radão seja responsável por cerca de 50% da radiação natural que a população se encontra exposta, sendo que em geral a maior parte dessa exposição ocorre em ambientes fechados [2].

Estudos desenvolvidos em comunidades mineiras levaram a Organização Mundial de Saúde a concluir que o radão é a maior causa de cancro do pulmão a seguir ao tabaco. Por conseguinte a OMS estabeleceu um nível médio de referência para a concentração de radão de 100 Bq/m³ (Bq - Becquerel, unidade SI para atividade de um radionuclídeo), aconselhando que os níveis de radão se situem abaixo deste valor uma vez que se estima que o risco de cancro do pulmão aumenta 16% por cada 100 Bq/m³ [3].

A União Europeia aprovou na diretiva 2013/59/EURATOM que o valor médio da concentração anual não deve exceder os 300 Bq/m³ para ambientes interiores, obrigando os países membros a implementar esta diretiva até 6 de fevereiro de 2018 [4]. Em Portugal ainda vigora a Portaria nº353-A/2013 que estabelece um limite máximo de 400 Bq/m³ para a concentração de radão e obriga a sua verificação em edifícios construídos em zonas graníticas (uma vez que estas zonas apresentam maiores concentrações de radão). As zonas graníticas a que a legislação se refere, dizem respeito aos distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco [5].

É necessário tomar medidas para diminuir as concentrações de radão no ambiente interior. No caso de novas construções estas medidas podem ser planeadas antes da execução da obra, mas no caso de reabilitações, as medidas necessárias são de índole corretiva, recorrendo a algumas técnicas capazes de evitar a entrada do radão no interior dos edifícios.

Na década de 40, era comum utilizar pedras naturais provenientes da própria região na construção de edifícios, o tipo de rocha utilizada depende assim de região para região. Segundo os Censos de 2011, 189 072 (5.3%) dos edifícios apresentam estrutura em alvenaria de pedra. O

granito que é uma rocha rica em rádio e urânio era muito utilizado nas zonas de Trás-os-Montes, Beiras e Douro Litoral [6].

A utilização de paredes de granito, associada a métodos de construção antigos que desconheciam os efeitos do radão, faz aumentar as concentrações de radão no interior dos edifícios. Muitas vezes por questões estéticas ou económicas mantém-se o granito à vista, sem qualquer tipo de revestimento entre ele e o ambiente interior da habitação, no entanto é possível aplicar certo tipo de revestimentos sem prejudicar a cor e textura das paredes de granito.

Este trabalho está centrado no estudo da permeabilidade ao radão de alguns produtos de revestimento que possam ser aplicados em paredes de granito. Deste modo seguiram-se dois tipos de ensaios diferentes, num deles é comparada a concentração de radão proveniente de uma amostra de granito antes e após a aplicação dos revestimentos, enquanto o outro ensaio visa conhecer o coeficiente de permeabilidade ao oxigénio de amostras de granito, antes e após a aplicação do revestimento. Ambos os estudos têm como objetivo estudar a contribuição dos revestimentos para a concentração de radão no ambiente interior.

Este trabalho está dividido em 7 capítulos.

O capítulo 1 faz uma introdução ao radão explicando concretamente o que é, e qual a sua origem, realçando os efeitos na saúde da população. É também apresentada a legislação em vigor para a concentração de radão no interior dos edifícios, bem como algumas recomendações.

O capítulo 2 explica a relação entre a construção e a concentração de radão, explicando como os níveis de concentração de radão no ambiente interior dependem muito da construção. São apresentados alguns métodos de construção preventivos e corretivos, introduzindo a importância dos materiais de construção. À cerca dos materiais de construção, são apresentados alguns que foram utilizados no desenvolvimento deste trabalho e, é feita também uma introdução ao coeficiente de difusão ao radão e ao coeficiente de permeabilidade ao oxigénio.

No capítulo 3 são apresentadas as metodologias utilizadas bem como os trabalhos práticos que foram desenvolvidos.

No capítulo 4 são apresentados os resultados dos trabalhos práticos.

No capítulo 5 são apresentadas algumas análises dos resultados obtidos, fazendo uma breve discussão dos mesmos.

No capítulo 6 é proposto um novo modelo de ensaio a desenvolver em trabalhos futuros.

No capítulo 7 são elaboradas algumas conclusões deste trabalho.

1. Radão e a Saúde

1.1. Origem do Radão

O radão é um gás radioativo que resulta do decaimento de urânio e rádio presentes na maior parte dos solos e rochas, podendo estar, conseqüentemente, presente em vários materiais de construção. Este gás forma parte da composição do ar atmosférico, no entanto, em muito pequena quantidade [5].

A densidade do Radão (^{222}Rn) é superior à densidade do ar, fazendo com que o gás radão se acumule nos pisos em contacto com o solo. Este gás é também incolor e inodoro, tornando-se imperceptível aos sentidos humanos, e aumentando assim o risco a ele associado.

A sua solubilidade na água é muito grande, assim como em outros líquidos, principalmente orgânicos [7].

O átomo de urânio (^{238}U) que se desintegra, transforma-se em tório (^{234}Th), elemento radioativo, que por sua vez se desintegra e forma um elemento chamado protactínio (^{234}Pa), de igual modo radioativo. E assim, seguindo todo este processo em cadeia, o urânio que dá início a esta série de decaimento, irá dar lugar ao isótopo estável de chumbo (^{206}Pb) no final da série. No entanto, no decorrer da série surgem outros 13 elementos, entre eles o rádio que é antecessor direto do radão. Assim o radão surge continuamente da desintegração direta do rádio.

Todos os elementos radioativos se caracterizam, pelo seu período de semidesintegração. Como se pode ver na Figura 1, o urânio tem um período de 4,5 mil milhões de anos, o rádio de 1660 anos, enquanto o período de semidesintegração do radão é de somente 3,8 dias.

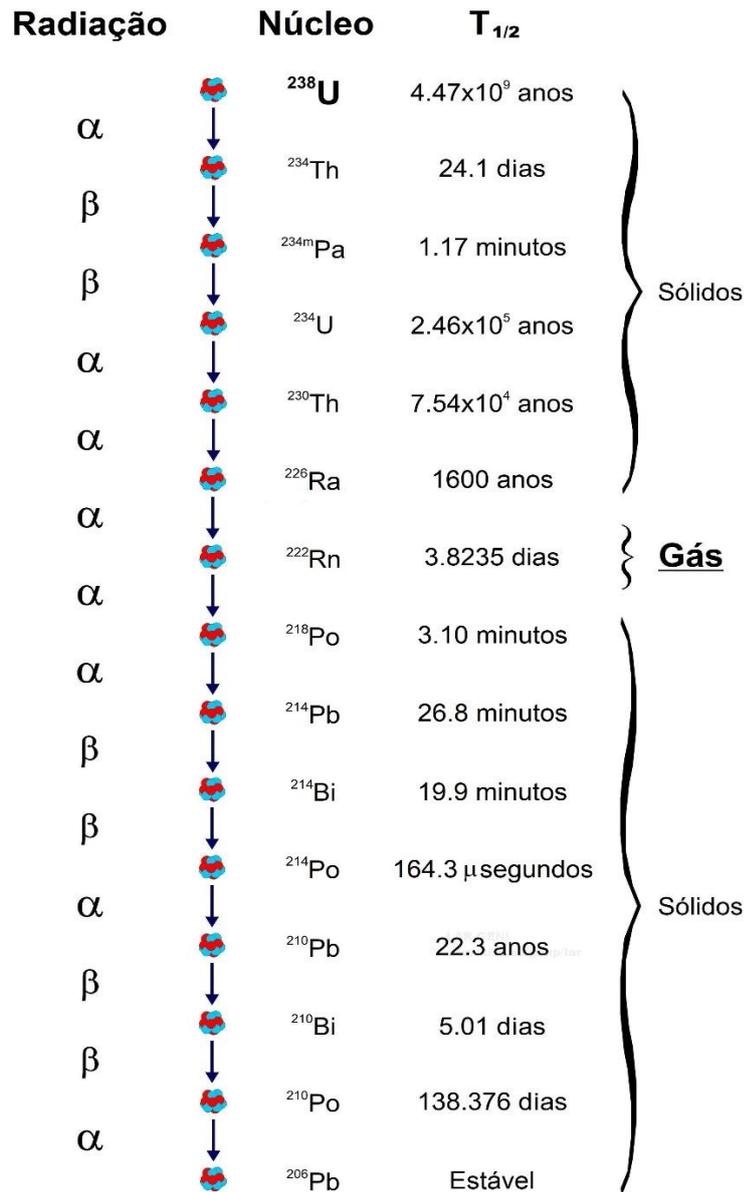


Figura 1 - Esquema da série de decaimento do Urânio, apresentando o tempo de semidesintegração e a radiação emitida durante o processo [8].

O urânio, elemento do topo da cadeia, está presente em quase todas as rochas e solos, geralmente em quantidades muito pequenas, na ordem de gramas por tonelada. A sua concentração depende do tipo de rocha e solo, sendo mais elevada no caso das rochas graníticas, tal como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 -Quantidade média de urânio e tório presente em alguns tipos de rochas (expresso em partes por milhão) [7].

Tipo de Rocha	²³⁸ U (ppm)	²³² Th (ppm)
Granitos	5,0	12,0
Argilas	3,7	11,0
Basaltos	1,0	4,0
Solos	1,0	6,0
Areias	0,5	1,7
Ultrabásicas	0,001	0,004

Além da importância da concentração de urânio e rádio, a libertação de gás radão para a atmosfera, depende ainda da permeabilidade e porosidade dos solos e rochas, bem como alguns parâmetros meteorológicos tais como a pressão atmosférica, a humidade e a temperatura [5].

Tabela 2 - Algumas propriedades físicas do ²²²Rn [9].

Propriedades físicas	Valores
Ponto de Ebulição (°C)	-61,8
Ponto de fusão (°C)	-71
Temperatura crítica (°C)	104
Pressão crítica (Atmosferas)	62
Densidade a temperaturas e pressões normais (Kg/m ⁻³)	9,96

O número de prótons num núcleo determina o elemento e o seu número atómico. Um dado elemento pode ter mais que um número específico de neutrões. Uma variação no número de neutrões não altera a propriedades químicas do elemento (desde que o número de eletrões seja determinado pelo número de prótons), no entanto essa variação produz uma mudança considerável na estabilidade do elemento para o decaimento radioativo. Átomos com o mesmo número de prótons, mas diferente número de neutrões, são denominados isótopos. Se um átomo tem 86 prótons, é um átomo de radão, mas existem 3 isótopos bem conhecidos de radão, contendo 133, 134 e 136 neutrões respetivamente. Se somarmos os neutrões e os prótons, obtemos o número de massa atómica de 219, 220 e 222 [9].

Historicamente os três isótopos principais de radão são denominados de radão (²²²Rn), actínio (²¹⁹Rn) e o tório (²²⁰Rn), estes resultam do decaimento do urânio (²³⁸U), do actínio (²³⁵U) e do tório (²³²Th), respetivamente. As suas concentrações na crosta terrestre são diferentes. O actínio tem uma semidesintegração de apenas 4 segundos, o que dificulta a sua migração. Por outro lado, a quantidade do isótopo ²³⁵U representa 0,711% do urânio (²³⁸U), tornando a sua

existência pouco significativa. O radão e o torão são ambos gases radioativos provenientes do urânio e do tório, respetivamente. A presença destes dois isótopos no solo é semelhante, no entanto o átomo de radão (^{222}Rn) é o mais abundante na atmosfera [10].

1.2. Riscos para a Saúde

O gás radão, não é uma ameaça evidente para a saúde, uma vez que a maior parte do radão inalado, volta a ser expulso após algumas expirações. No entanto o foco do problema associado ao radão aquando da sua inalação, é o facto de este sofrer decaimentos radioativos no interior dos pulmões dando origem aos seus descendentes e á emissão de radiação. Esses descendentes fazem naturalmente parte dos aerossóis que circulam nos epitélios pulmonares, e são responsáveis pela deposição de energia [11].

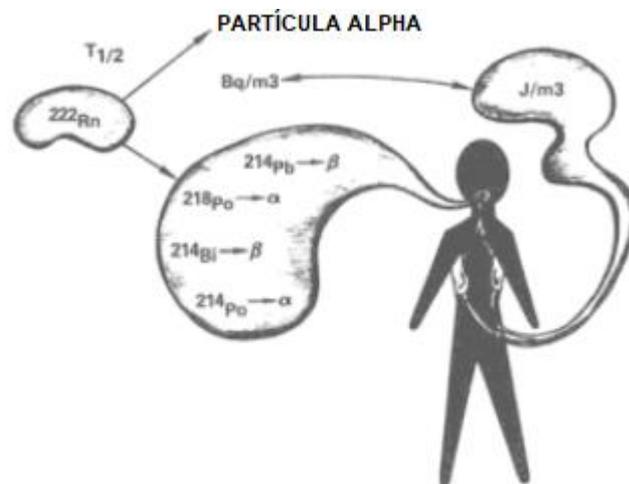


Figura 2 - O esquema mostra o radão e a sua atividade. Adaptado [9].

O radão é a maior fonte natural de exposição humana a radiações ionizantes na maioria dos países. Na população em geral, a maior parte da exposição ocorre em ambientes fechados, principalmente no caso de pequenos edifícios. Estima-se que o radão seja responsável por cerca de 50% da radiação natural à qual a população se encontra exposta [2].

A exposição à radiação pode provocar danos nas células causando a morte de algumas delas ou modificando-as. Ainda assim maioria dos órgãos e tecidos não são afetados pela perda das células mesmo que em número considerável. No entanto se o número de células afetadas for suficientemente grande irá provocar danos no funcionamento dos órgãos e levar à morte. Esses danos surgem principalmente em indivíduos que estejam sujeitos a um elevado nível de radiação. Após a radiação modificar algumas células, o organismo normalmente consegue reparar esses danos, mas no caso de isso não acontecer, as células alteradas, irão por sua vez provocar danos noutras células podendo ocorrer formações cancerígenas [2].

A compreensão dos efeitos associados ao radão foi evoluindo ao longo de várias décadas. Em 1950 foram identificadas altas concentrações de radão na água da rede doméstica e em águas subterrâneas. Inicialmente, devido à descoberta da elevada presença de radão na água, as preocupações estavam centradas nos efeitos que a sua ingestão causara. Mais tarde verificou-se que o principal problema da presença de radão na água começava quando este se libertava em um ambiente fechado, pois a sua inalação seria a principal preocupação [3].

No século XVI, tornou-se evidente o aumento da taxa de mortalidade devido a doenças respiratórias, concretamente em trabalhadores mineiros, no entanto não era ainda conhecido que algumas dessas doenças fossem na realidade cancro do pulmão. Foi então no século XX, que a OMS suspeitou que a principal causa desses cancros de pulmão era o radão, a sua contribuição para o cancro do pulmão tornou-se evidente durante a década de 1950. Estudos realizados com mineiros expostos a elevadas concentrações de radão, demonstraram um elevado risco de cancro do pulmão tanto para fumadores como para não fumadores. Foi então em 1988 e com base nestes estudos que a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Cancro (IARC), classificou o radão como agente cancerígeno [3].

Em setembro de 2009, a OMS concluiu que o radão é a primeira causa de cancro do pulmão em não fumadores, e a segunda em fumadores ou ex-fumadores. Um fumador que esteja habitualmente exposto a uma elevada concentração de radão, terá um risco bastante elevado de contrair cancro do pulmão, como se observa nos dados da Tabela 3, relativos a um estudo efetuado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) [12].

Tabela 3 - Risco de desenvolver cancro, relacionando várias concentrações de radão com a população fumadora e não fumadora. Adaptado [13].

Risco de cancro – se 1000 pessoas forem expostas a este nível ao longo da vida ...		
	Não-fumadores	Fumadores
740 Bq/m³	Cerca de 36 pessoas podem vir a desenvolver cancro do pulmão	Cerca de 260 pessoas podem vir a desenvolver cancro do pulmão
370 Bq/m³	Cerca de 18 pessoas podem vir a desenvolver cancro do pulmão	Cerca de 150 pessoas podem vir a desenvolver cancro do pulmão
296 Bq/m³	Cerca de 15 pessoas podem vir a desenvolver cancro do pulmão	Cerca de 120 pessoas podem vir a desenvolver cancro do pulmão
148 Bq/m³	Cerca de 7 pessoas podem vir a desenvolver cancro do pulmão	Cerca de 62 pessoas podem vir a desenvolver cancro do pulmão
74 Bq/m³	Cerca de 4 pessoas podem vir a desenvolver cancro do pulmão	Cerca de 32 pessoas podem vir a desenvolver cancro do pulmão
48 Bq/m³	Cerca de 2 pessoas podem vir a desenvolver cancro do pulmão	Cerca de 20 pessoas podem vir a desenvolver cancro do pulmão

1.3. Legislação

A organização mundial de saúde (OMS) publicou em 2009 um manual sobre o radão em Ambiente interior “*WHO Handbook on indoor Radon*” [3]. Este manual fornece algumas informações para reduzir os riscos para a saúde proveniente da exposição ao radão em ambientes interiores. Apresenta informações sobre os riscos associados ao radão em ambiente interior, implementa também um programa destinado a reduzir tanto o risco global da população, quanto o risco individual de quem vive exposto a altas concentrações de radão. Desta forma a OMS estabelece um nível médio de referência que situa a concentração de radão em 100 Bq/m^3 , sendo aconselhável que os níveis de radão se situem abaixo deste valor, uma vez que esta organização defende que o risco de cancro de pulmão aumenta em 16% por cada 100 Bq/m^3 de concentração de radão. Em casos onde o nível de referência não possa ser atingido devido a condições específicas do país, deve ser estabelecido um nível máximo de 300 Bq/m^3 para concentrações interiores. Dentro deste plano de recomendações, é também sugerido que se implementem códigos de construção que visem reduzir os níveis de radão no interior das habitações, assim como planos de rastreio para garantir que os níveis se encontrem abaixo do valor recomendado [14].

Em Portugal, a Portaria nº. 353-A de 4 de dezembro de 2013 classifica os constituintes do ar em três diferentes tipos: agentes físicos, agentes químicos, e agentes biológicos. O radão pertence ao grupo dos agentes químicos, sendo o limite máximo da sua concentração, estabelecido em 400 Bq/m^3 . Este é um valor médio anual de referência, pois a concentração de radão em ambiente interior apresenta variações diurnas e sazonais, e é fortemente dependente das condições de ventilação e renovação do ar. De acordo com esta portaria, é obrigatório verificar a concentração de radão em edifícios contruídos em zonas graníticas, tais como os distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco. [15]

Dados epidemiológicos, provenientes de estudos realizados em habitações, comprovam que por cada 100 Bq/m^3 , a probabilidade de vir a desenvolver cancro do pulmão aumenta 16% em caso de exposição prolongada esses níveis de radão [16]. A União Europeia não descarta as condições de segurança, mas mantém um nível de flexibilidade suficiente para tornar possível a aplicação das recomendações que dizem respeito às concentrações de radão em ambiente interior. Desta forma, foi aprovado pela união Europeia na diretiva 2013/59/EURATOM que o valor médio da concentração anual não pode exceder os 300 Bq/m^3 para ambientes interiores em construções, habitações e locais de trabalho. Os países membros da UE têm até 6 de fevereiro de 2018, para implementar a nova diretiva. Esta vem substituir a diretiva 90/143/EURATOM que estabeleceu níveis de concentração de 400 Bq/m^3 para edifícios existentes e 200 Bq/m^3 para novos edifícios [4].

2. A Construção e a Concentração de Radão

A radioatividade pode ser um fator de risco em ambiente interior, escapando a sua presença aos sentidos humanos. A quantidade de elementos radioativos na crosta terrestre não é homogénea, sendo as zonas graníticas as que apresentam maior concentração. O radão emanado do solo pode facilmente acumular-se no interior dos edifícios, deixando os seus utilizadores expostos aos riscos associados a este. A infiltração de radão nos edifícios, ocorre principalmente através de fissuras nas lajes, da migração do gás através de elementos construtivos, e da emanação de radão dos próprios materiais. Neste último caso, a falta de controlo da radioatividade na origem das matérias primas leva a que sejam utilizados materiais de construção ricos em elementos radioativos.

Quando o gás radão se encontra no interior tende a acumular-se em zonas mal ventiladas. Em muitos casos a existência de compartimentos interiores (sem janelas), bem como os hábitos dos habitantes em deixar as janelas e portas fechadas para poupar energia, contribuem para o aumento da concentração de radão. Uma vez que a maior parte da concentração provém dos solos, é também importante diminuir as áreas de contato direto com o solo.

Como não se pode alterar os níveis de radão provenientes dos solos, nem é fácil alterar os hábitos das pessoas, cabe à construção tomar medidas para diminuir os níveis de radão no interior dos edifícios. Essas medidas podem ser preventivas no caso de uma nova construção ou corretivas para um edifício já construído ou que necessite de ser reabilitado.

2.1. Parque Habitacional Português

2.1.1. Caraterização do parque edificado português

A reabilitação do parque edificado é atualmente umas das variáveis com maior importância no setor da construção. Analisando o número de edifícios por época de construção, constata-se que a maior parte do parque habitacional português é de construção relativamente recente. De acordo com os dados contidos nos Censos de 2011 e, como se observa na Tabela 4, o forte crescimento do parque edificado após a década de 70 (constituindo 32,09%) aliado ao número de edifícios com pouco mais de 10 anos (14,39%) constitui uma parcela relativamente jovem (com cerca de 46,50% dos edifícios com menos de 30 anos em 2011), justificando assim o seu baixo índice de envelhecimento.

Tabela 4 - Número de edifícios existentes, por época de construção, de acordo com os Censos 2011 [17].

Número de Edifícios	Época de Construção						Total
	Antes de 1946	1946 - 1960	1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 2000	Depois de 2000	
	512.039	387.340	408.831	588.858	1.137.316	510.005	3.544.389
Percentagem do número de edifícios (%)	14,45	10,93	11,53	16,61	32,09	14,39	100,00

Tendo em conta o limite de vida útil (50 anos) estabelecido para edifícios de habitação pode-se afirmar que cerca de 30,38% já ultrapassaram este limite, reforçando a importância da reabilitação dos mesmos.

2.1.2. Estado de conservação

Fazendo uma análise qualitativa dos dados relativos aos Censos de 2011 e por observação da Tabela 5 constata-se que aproximadamente 1,1% dos edifícios com cerca de 10 anos apresenta uma degradação bastante acentuada e que cerca de 27,3% apresenta necessidade de reparação, contabilizando-se cerca de 1 milhão de edifícios com necessidade de intervenção. Com o surgimento da primeira regulamentação térmica (RCCTE) ocorreu uma melhoria do edificado, através de uma manutenção regular e uma boa dinâmica construtiva contribuindo para que 71% do edificado português não necessite de reparação. Contudo estes dados devem ser analisados com atenção uma vez que foram obtidos através de inspeção visual exterior da degradação da estrutura, cobertura, paredes e caixilharia, realizada por não especialistas podendo estes elementos estar em pior estado de conservação, do que a sua aparência exterior demonstra.

Tabela 5 - Estado de conservação dos edifícios existentes em Portugal em função das necessidades de reparação, por época de construção [17].

Estado de Conservação	Época de Construção						Total
	Antes de 1946	1946 - 1960	1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 2000	Depois de 2000	
Sem Necessidades de Reparação	203.270	196.813	248.427	425.232	960.975	484.735	2.519.452
Percentagem de edifícios (%)	39,70	50,81	60,77	72,21	84,49	95,05	71,08
Com Necessidades de Reparação	268.633	181.111	156.093	160.883	174.341	24.721	965.782
Percentagem de edifícios (%)	52,46	46,76	38,18	27,32	15,33	4,85	27,25
Pequenas Reparações	130.720	107.390	104.723	120.211	141.426	19.852	624.322
Percentagem de edifícios (%)	25,53	27,72	25,62	20,41	12,44	3,89	17,61
Médias e Grande Reparações	137.913	73.721	51.370	40.672	32.915	4.869	341.460
Percentagem de edifícios (%)	26,93	19,03	12,57	6,91	2,89	0,95	9,63
Muito Degradado	40.136	9.416	4.311	2.743	2.000	549	59.155
Percentagem de edifícios (%)	7,84	2,43	1,05	0,47	0,18	0,11	1,67

2.1.3. Principais sistemas construtivos

Em Portugal, ao longo de décadas as técnicas construtivas foram sendo aperfeiçoadas ocorrendo uma evolução não só nos materiais empregados, mas também nas técnicas e disposições destes, havendo uma preocupação generalizada na eficiência e na obtenção de recursos. Na década de 1940, as habitações foram construídas com recurso a materiais locais, onde a pedra, material abundante, formava as fachadas exteriores dos edifícios através de paredes simples de cantaria e de alvenaria aparelhada. Consoante a zona do país esta pode ser encontrada sobre a forma de granito, predominante nas zonas de Trás-os-Montes, Beiras e Douro Litoral, ou de xisto predominante no Douro e ainda nas Beiras. Em Lisboa e algumas zonas alentejanas, dominam os calcários, enquanto nas Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira a pedra utilizada é de origem vulcânica, geralmente basalto. Normalmente as paredes destes edifícios são de fácil identificação, uma vez que o paramento exterior e por vezes também o interior é visível.

Segundo dados dos Censos 2011, 189 072 (5,3%) dos edifícios apresentam estrutura em alvenaria de pedra. Em relação ao revestimento exterior das paredes, a alvenaria de pedra constitui 411 206 (11%) dos edifícios portugueses [18]. Com a evolução das técnicas construtivas a pedra foi sendo substituída pela construção estrutural de betão armado (anos 50) com paredes de alvenaria de tijolo, em que não só se reduzia a espessura das paredes como baixava o elevado custo da construção de fachadas com recurso à pedra. Desde então, ocorreu a substituição total da pedra pela alvenaria de tijolo, surgindo nos anos 60 paredes duplas com pano exterior mais espesso. Esta melhoria da constituição das paredes levou a que nos anos 70 houvesse a possibilidade de substituição do pano externo mais espesso por um de menor espessura, caindo entretanto em desuso devido às várias fendas que surgiam pelo exterior [6].

2.2. Concentração de Radão em Portugal

A distribuição de urânio e rádio nas formações geológicas não é uniforme. As rochas plutónicas (granitos) têm maiores concentrações de elementos radioativos, mas a concentração de radão gerada depende não só do tipo de formação rochosa, mas ainda da permeabilidade e porosidade, assim como de parâmetros meteorológicos. É possível observar a distribuição geológica de Portugal Continental através da Figura 3 [5].

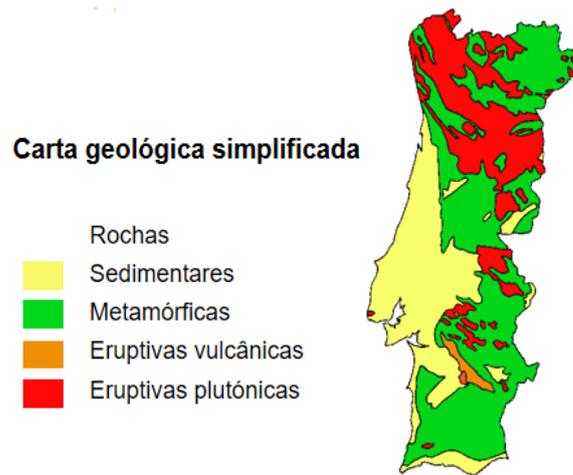


Figura 3 - Carta geológica simplificada de Portugal Continental [5].

O instituto tecnológico nuclear faz referência um estudo que envolveu 4200 habitações de vários pontos do país, estas foram alvo de medição da concentração de radão, 60% apresentam concentrações de radão inferiores a 50 Bq/m³. As habitações situadas em zonas graníticas foram as que apresentaram concentrações mais elevadas. Por entre as medições realizadas, resumiu-se ainda que 2,6% das habitações apresenta níveis médios anuais superiores a 400 Bq/m³ [5].

Como é visível através da Figura 4, a maior parte das zonas com elevada concentração de radão são zonas graníticas, correspondendo na sua maioria aos distritos onde a legislação obriga medir as suas concentrações de radão, nomeadamente: Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco.

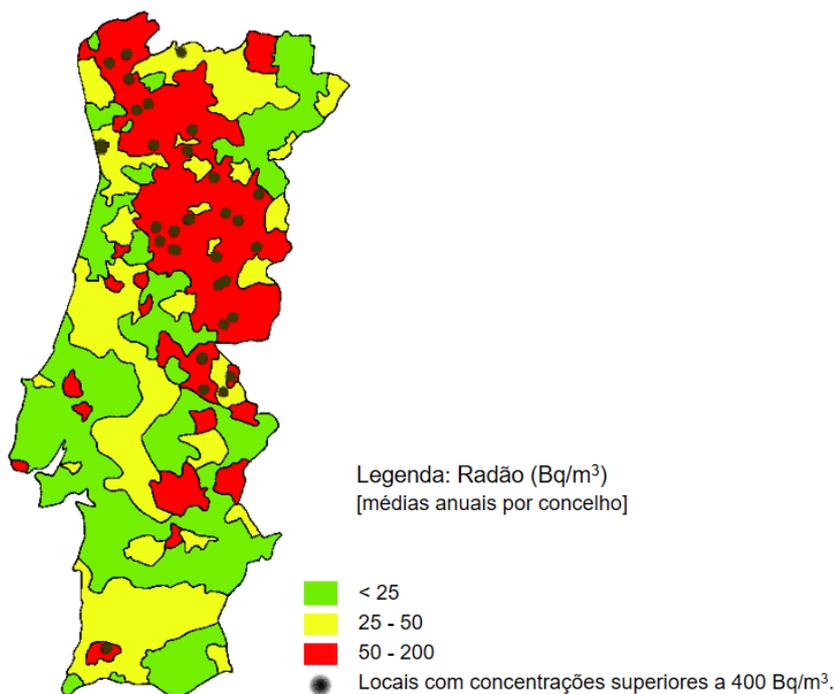


Figura 4 - Concentrações médias anuais de radão em Portugal Continental [5].

2.3. Concentração de radão em ambiente interior

A qualidade do ar interior está particularmente associada à saúde e conforto dos seus ocupantes. Esta pode ser afetada por gases (monóxido de carbono, radão, compostos orgânicos voláteis), partículas contaminantes microbianas (fungos, bactérias), ou matéria particulada [1].

Atualmente a população passa grande parte do seu tempo no interior de edifícios, tornando importante a preocupação com a qualidade do ar interior. Em média 90% do dia-a-dia da população é passado dentro de edifícios (habitação, emprego, serviços e lazer). A qualidade do ar interior depende de vários componentes tais como fontes de contaminação do ar (biológicas, físicas ou químicas), materiais e estrutura do edifício, condições ambientais, número de ocupantes e dos seus hábitos, sistemas de aquecimento e arrefecimento (ar condicionado), ventilação, entre outros. A concentração de radão faz parte dos componentes químicos que constituem o ar, e por conseguinte, do ambiente interior dos edifícios.

A concentração de radão no exterior e à superfície da terra toma valores muito baixos que variam entre $0,1 \text{ Bq/m}^3$ e 10 Bq/m^3 . Contudo, no interior das habitações, a concentração de radão tende a tomar valor mais elevados, podendo em alguns casos atingir valores na ordem de milhares de Bq/m^3 , tornando-se um risco para a saúde dos seus ocupantes [19].

As concentrações de radão no interior dependem de vários fatores, mas o que mais se evidencia dentro destes é a constituição geológica onde o edifício se encontra localizado. As zonas graníticas apresentam maiores concentrações de radão, pelo contrario, zonas predominantemente constituídas por rochas de origem sedimentar (por ex. calcários) são as que apresentam menores concentrações.

A transferência de radão para o interior dos edifícios ocorre através de fendas em fundações, lajes e muros em contacto com o solo, de pontos de passagem de tubagens, juntas de dilatação, assim como através da água, principalmente no caso da utilização de águas subterrâneas para fins domésticos. Na Figura 5 está representada essa transferência de radão do exterior para o interior do edifício.

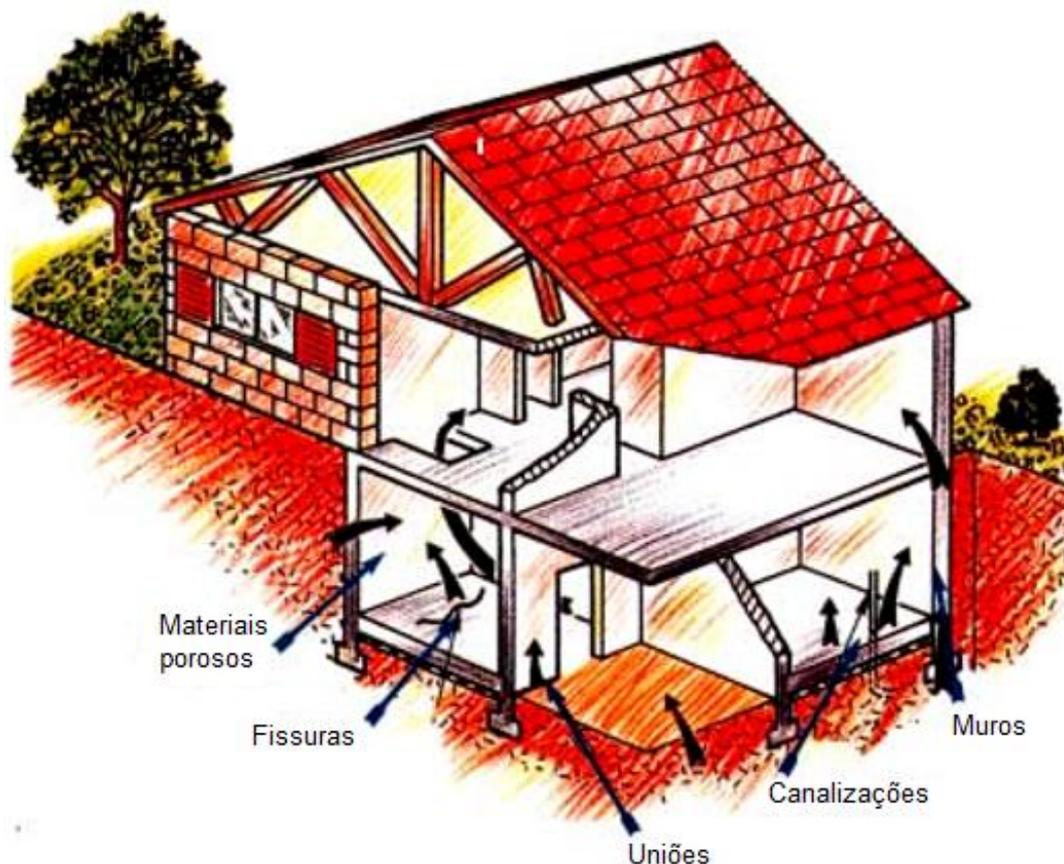


Figura 5 - Formas de entrada de radão no interior dos edifícios. Adaptado [7].

Uma vez conhecida a importância dos solos nesta temática, é necessário também salientar a importância dos materiais utilizados na construção, uma vez que grande parte deles provêm de dos solos e rochas. Se os materiais utilizados na construção de um edifício forem constituídos por grandes quantidades de radionuclídeos naturais como o urânio, tório e radio, conseqüentemente irão contribuir para o aumento da concentração de radão no interior desse edifício.

A ventilação é um fator bastante importante neste contexto, uma ventilação insuficiente faz aumentar os níveis de radão no interior, principalmente nas zonas onde esta seja quase inexistente.

A concentração de radão apresenta frequentemente variações ao longo do dia. Como o radão é um gás, a sua emissão do solo varia consoante a pressão atmosférica, sendo que as diferenças de temperatura entre o interior do edifício e o exterior, são responsáveis pela existência de uma variação da concentração de radão ao longo do dia, atingindo um máximo nas primeiras horas da manhã [7]. Os hábitos dos ocupantes também contribuem para estas alterações,

normalmente uma maior atividade ao longo do dia resulta numa maior ventilação do ar pois as portas e janelas são abertas com maior frequência, resultando numa diminuição da concentração de radão. Por outro lado, durante a noite ocorre o período de menor atividade dos ocupantes, o que acarreta normalmente uma menor ventilação e um aumento da concentração de radão [1]. A Figura 6 representa um gráfico à cerca de um estudo sobre a variação diurna da taxa de exalação de radão e da concentração de radão e seus descendentes.

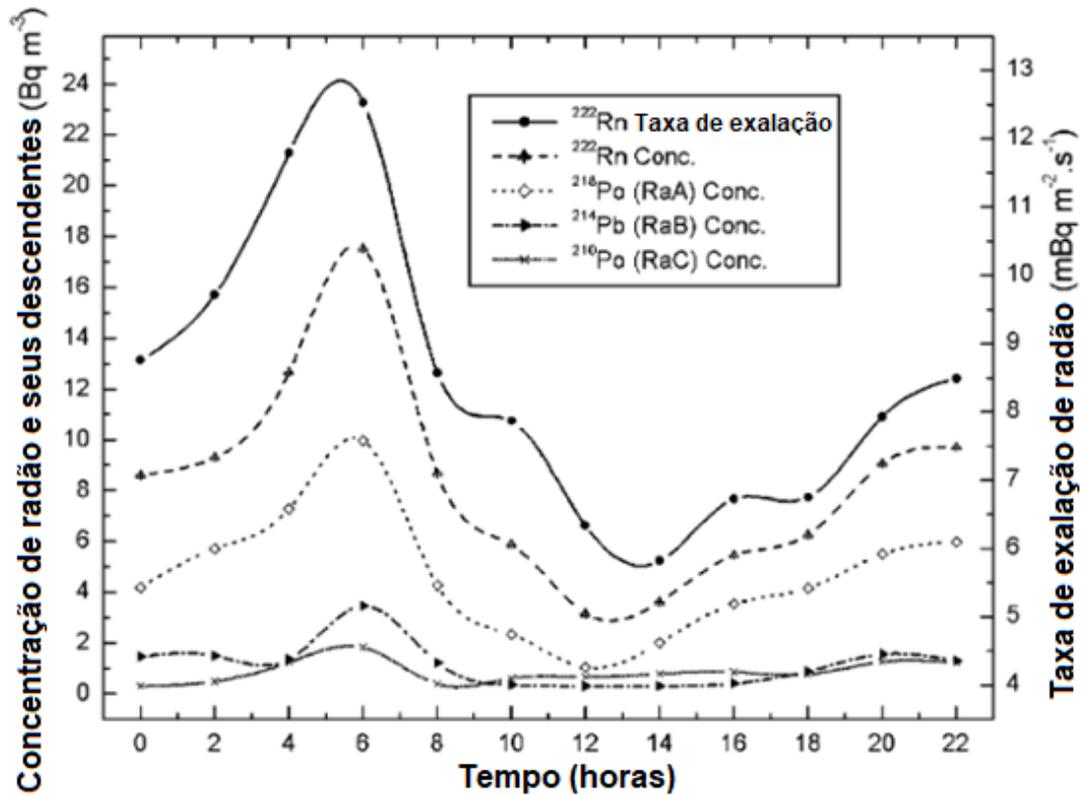


Figura 6 - Estudo sobre a variação diurna da taxa de exalação de radão e da concentração de radão e seus descendentes. Adaptado [20].

Além das variações de concentração de radão diárias, também se evidenciam variações sazonais. Sendo a concentração significativamente superior durante o inverno. O aquecimento dos edifícios faz com que o ar quente provoque uma sucção do radão do solo para o ambiente interior. A ventilação também se torna mais reduzida durante as estações frias, provocando um aumento da concentração de radão no interior. O gráfico da Figura 7 representa a variação anual da concentração de radão numa habitação do Reino Unido.

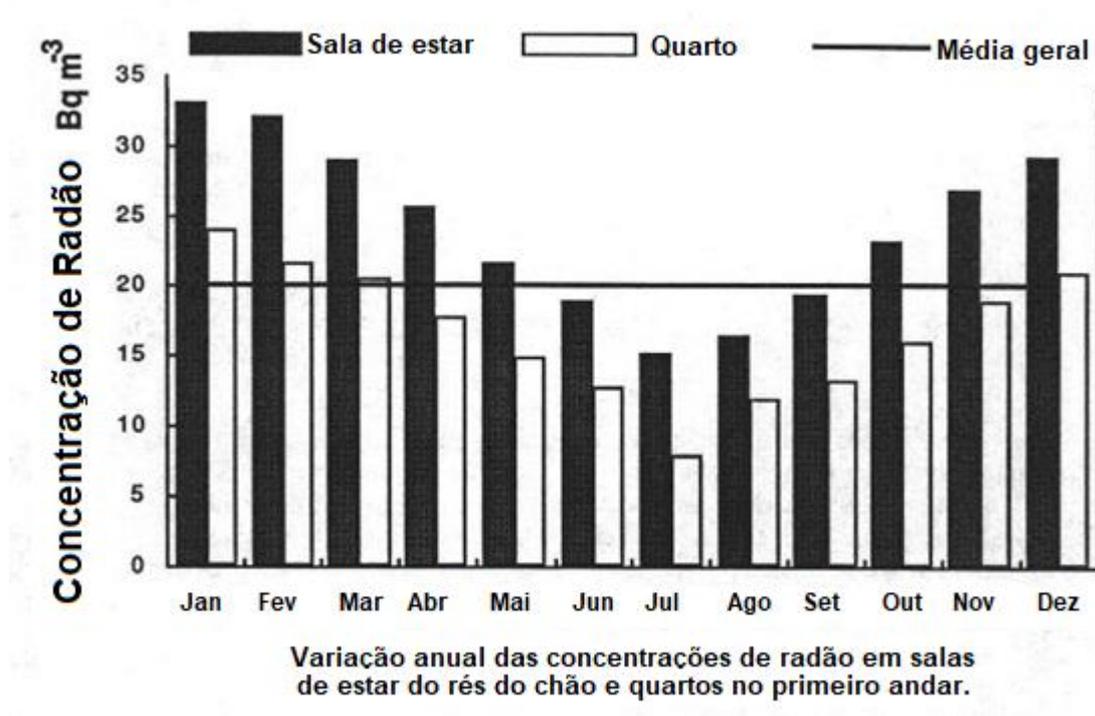


Figura 7 - Valores da concentração de radão em dois compartimentos de uma habitação no Reino Unido. Adaptado [21].

2.4. Métodos de construção preventivos

Os métodos de construção preventivos, dizem respeito às várias técnicas utilizadas durante a construção de novos edifícios, que têm como base diminuir a entrada de radão no interior dos edifícios. Quando bem executados, diminuem eficazmente as concentrações de radão no espaço interior. São planeados antes da execução da obra e selecionadas as soluções técnicas adequadas para o tipo de obra que se pretende executar, desta forma trazem vantagens económicas em relação aos métodos corretivos.

As soluções arquitetónicas têm uma grande importância a nível da concentração de radão. Tomar medidas preventivas a nível de projeto, tais como evitar a construção de caves ou pisos parcialmente aterrados, é uma das principais técnicas para diminuir as concentrações de radão no interior dos edifícios. Ao diminuir a área de contacto com o solo, diminui igualmente a passagem de radão para o interior do edifício. A Figura 8 representa soluções arquitetónicas para reduzir a zona de contacto entre o edifício e o solo, reduzindo consequentemente a exposição ao radão.

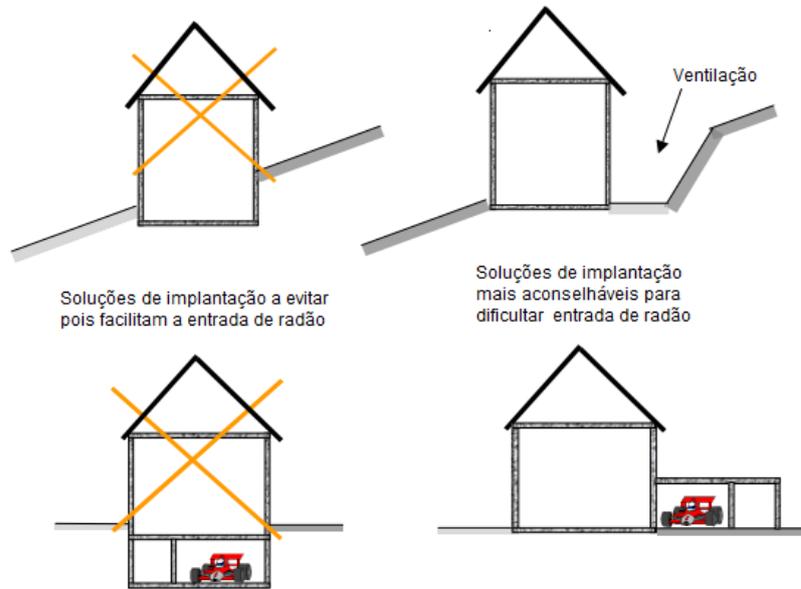


Figura 8 - Propostas da relação edifício/terreno para redução do nível de radão. Adaptado [22].

Se possível, criar desvãos sanitários (Figura 9) impedindo o contacto direto da laje do piso térreo com o solo, estes devem ainda ser ventilados para evitar que o radão, assim como outros componentes se acumulem naquela zona e de seguida migrem para o interior do edifício. A ventilação poderá ser natural ou mecânica, consoante as condições locais.

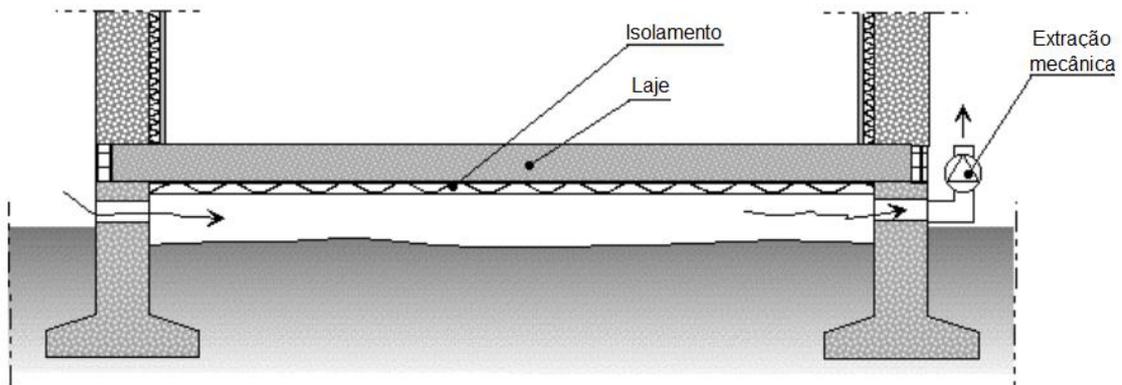


Figura 9 - Desvão sanitário com ventilação mecânica. Adaptado [22].

A introdução de membranas anti radão nas zonas de contacto com o solo é outra das técnicas que poderá ser executada. Esta técnica é comum a métodos preventivos e corretivos, contudo, quando aplicada durante a fase de construção pode tornar-se mais eficaz. Na Figura 10 é possível ver a sua aplicação correta numa fase construtiva, impedindo a migração do radão ao longo dos elementos construtivos (fundações e paredes). Esta técnica de colocação da membrana entre os elementos construtivos, tem ainda a função de evitar infiltrações por

capilaridade, ou seja, que a água suba desde o solo até ao interior, criando várias patologias no edifício tais como descasque e eflorescências. A figura representa ainda um sistema de mitigação do radão acumulado entre a zona do solo e da laje térrea. O sistema de mitigação comporta uma zona porosa facilitando a passagem de ar que é orientado por sucção até ao tubo coletor que leva o ar até ao exterior da habitação, por ação do ventilador instalado normalmente no telhado. Em casos específicos de edifícios situados sobre locais com elevada emanção de radão justifica-se o recurso a sistemas de ventilação ativa (com o uso de ventilação mecânica), em situações normais pode-se optar pela ventilação passiva (com o uso de ventilação natural) por aspiração entre o piso térreo e o solo.

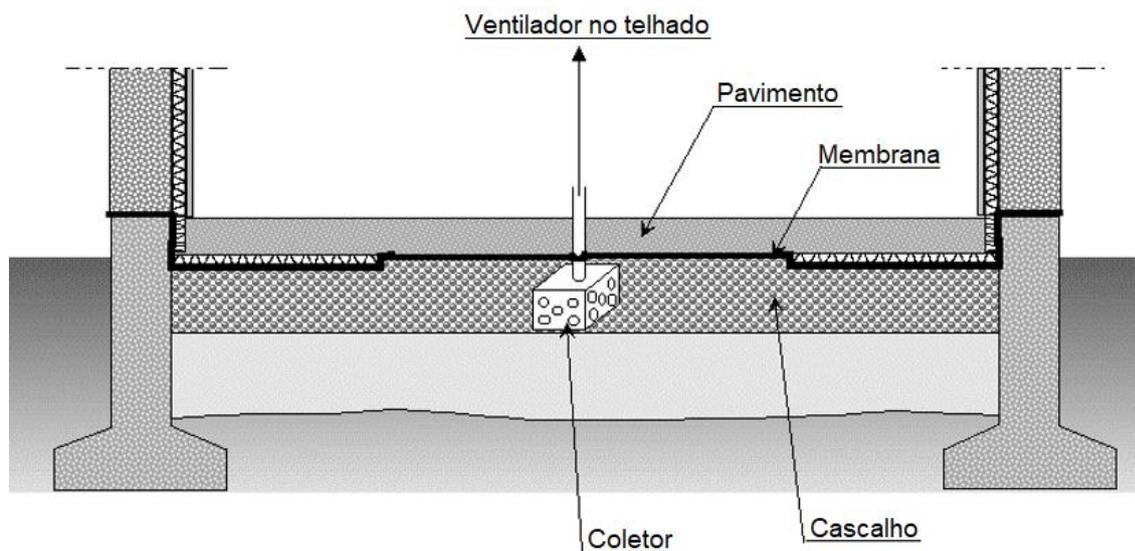


Figura 10 - Sistema de mitigação do radão. Extração da concentração de radão abaixo da laje térrea com auxílio de ventilador [22].

A análise e seleção de materiais com reduzida concentração de elementos radioativos, é outra ação a tomar para reduzir níveis de radão, principalmente em zonas geológicas de risco elevado.

A dose de radiação derivada de materiais de construção pode atingir até 60% da dose total de radiação recebida pelo homem, sendo que esta varia de acordo com a própria radioatividade do material, ou seja, com a sua natureza e proveniência [23].

2.5. Métodos de construção corretivos

As recentes tendências visam a reabilitação urbana e arquitetónica dos edifícios construídos nos centros das cidades em épocas passadas, edifícios que muitas vezes possuem elevado valor simbólico e patrimonial reconhecidos por todos os cidadãos. A reabilitação trás aos centros urbanos novas habitações, serviços e comércio, locais onde a população normalmente passa

grande parte do seu tempo. Muitos destes edifícios são constituídos com materiais ricos em elementos radioativos, visto que uma parte destes era construída em granito. Construídos por técnicas antigas que não tinham em conta a exposição ao radão, ou seja, não eram utilizadas técnicas preventivas para diminuir a exposição. Esta realidade é comum à maior parte dos edifícios que necessitam ser reabilitados. Sendo assim deve existir um planeamento para a execução da monitorização do nível de radão, e serem tomadas medidas corretivas posteriormente, caso estas se justifiquem.

As técnicas para reduzir a concentração de radão nos edifícios já construídos, passam pela aplicação de membranas impermeáveis ao radão nas zonas em contacto com o solo, aplicação de revestimentos (com bom desempenho como barreira ao radão) sobre alguns materiais construtivos que possam contribuir significativamente para o aumento da concentração (como por ex. paredes de granito), maior ventilação dos espaços habitáveis recorrendo a ventilação mecânica, e se necessário montar sistemas mitigação de radão em zonas abaixo das lajes térreas para o exterior do edifício. A escolha do sistema de mitigação de radão a ser aplicado, é condicionada pelo nível de concentração de radão que se identificar nas primeiras leituras, por aspetos arquitetónicos e construtivos, entre outros.

No caso de existirem desvãos sanitários, para além de poderem ser ventilados, é possível aplicar umas telas por cima da laje e um sistema de sucção do ar entre a laje e a tela, tal como representado na 1 e Figura 12. Este sistema serve ainda para impedir que o vapor de água proveniente do solo se acumule naquela zona desenvolvendo patologias na estrutura devido à humidade.



Figura 11 - Sistema de mitigação de radão proveniente da laje térrea [24].

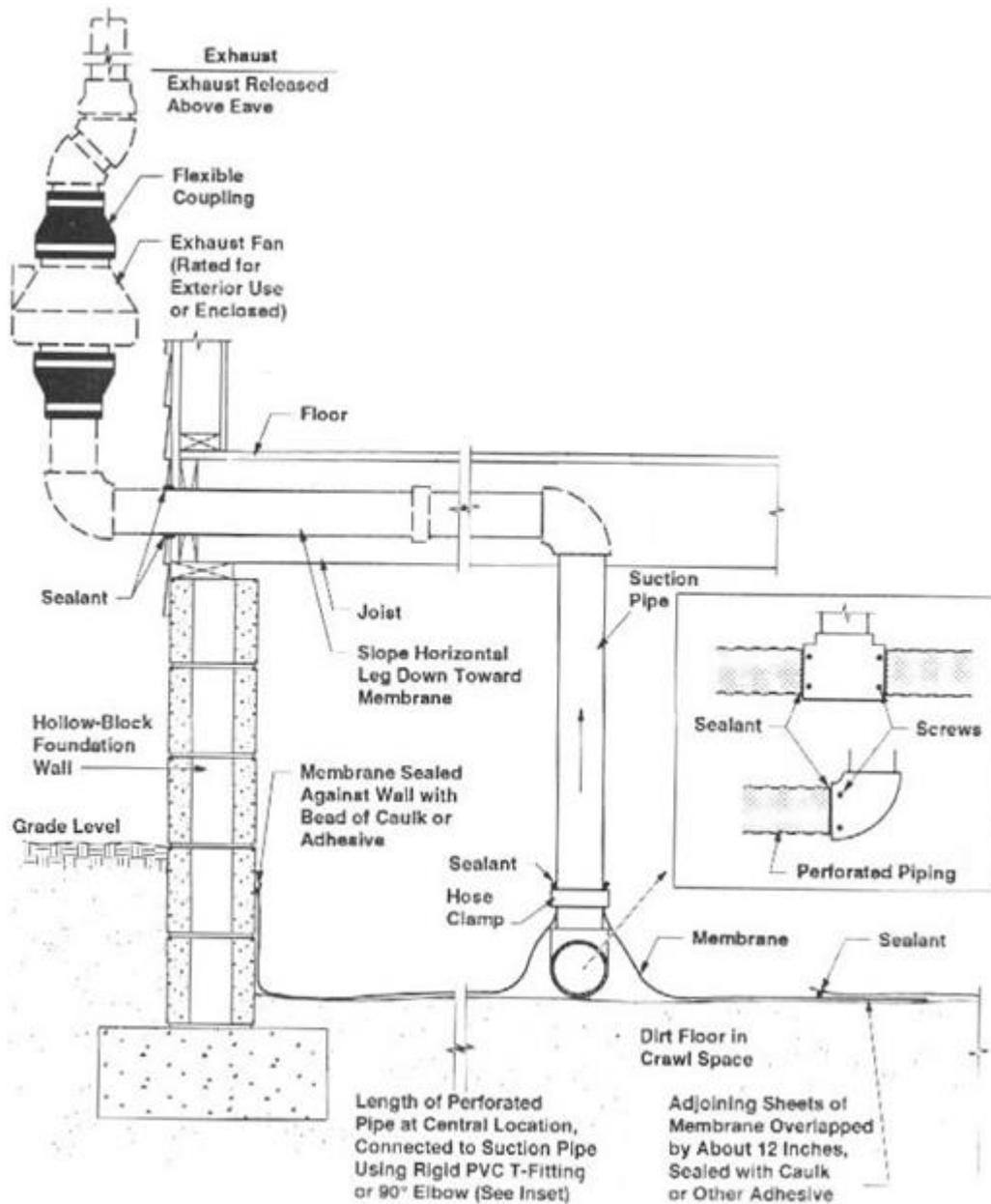


Figura 12 - Sistema de mitigação de radão na zona de desvão sanitário (sub-membrane depressurization - SMD). Adaptado [25].

Nas lajes térreas em contacto direto com o solo, além da aplicação de uma membrana anti radão, pode ser instalado um sistema de mitigação do radão da zona abaixo da laje térrea para o exterior da habitação. Deve-se ainda preencher todas as fissuras e juntas de dilatação da laje bem como a zona de contacto entre a laje e a tubulação com um impermeabilizante capaz de impedir a passagem do radão (usualmente recomenda-se o uso de silicone). Este método prevê um planeamento estratégico das zonas onde se irá efetuar a extração de radão, nesses pontos perfura-se a laje com o diâmetro da tubagem que irá efetuar a extração, abre-se um pequeno buraco abaixo da laje e monta-se o sistema de sucção tal como na Figura 13.

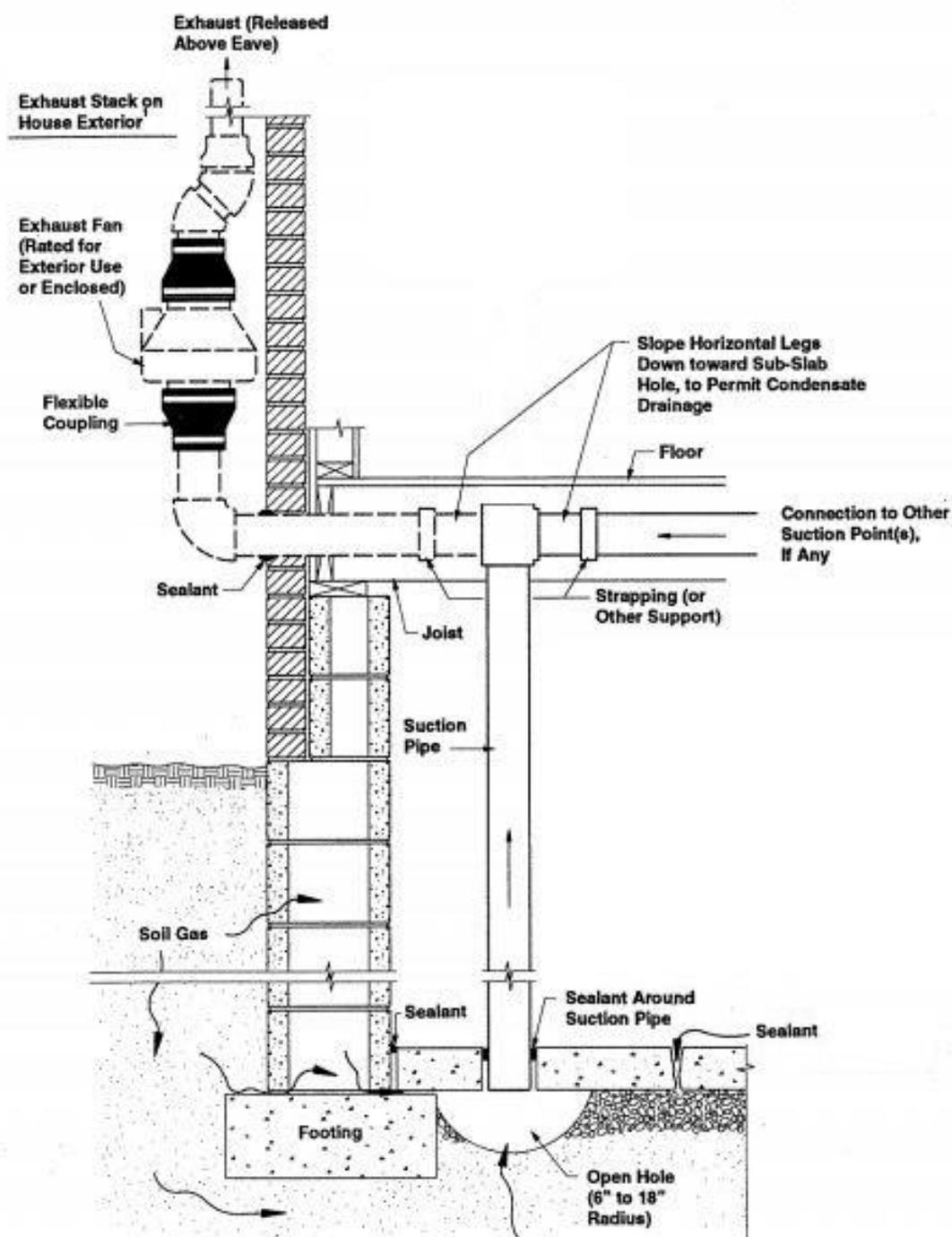


Figura 13 - Sistema de despressurização da laje térrea. (sub-slab depressurization - SSD) Adaptado de [25]

2.6. Produtos de revestimento

Existe uma grande variedade de tipos de produtos de revestimento, alguns dos que se destacam são rebocos, gesso, mosaicos, azulejos, madeiras, tintas, vernizes, entre outros.

Os produtos de revestimento têm várias utilidades, trazendo normalmente benefícios aos elementos onde são aplicados tais como: durabilidade dos materiais, estabilidade e longevidade das estruturas, e melhoramento estético. Diminuem normalmente carbonatação do betão e conseqüentemente a corrosão do aço das armaduras. Quando bem aplicados, diminuem o aparecimento de patologias nos edifícios, aumentando o período de tempo em que será necessário realizar manutenções.

Habitualmente, os revestimentos trazem ainda vantagens para os utilizadores dos edifícios onde estes são aplicados, nomeadamente: bem-estar, saúde, e qualidade de vida dos utilizadores. A contribuição para o bem-estar e saúde, passa por evitar o aparecimento de algas e fungos, assim como evitar que outros elementos prejudiciais á saúde, tais como o radão, se acumulem no ambiente interior dos edifícios. Como se referiu nos capítulos anteriores, o radão liberta-se do interior dos solos, assim como dos próprios materiais de construção.

Uma vez que os revestimentos trazem vários benefícios, e sendo eles aplicados constantemente na construção nas suas mais variadas formas, surge a importância de saber o quanto estes contribuem para a diminuição da concentração de radão no ambiente interior. Assim ao conhecer qual a capacidade que os materiais têm de diminuir a passagem do radão, a seleção dos revestimentos para aplicação passa a ter em conta este fator. Atualmente na construção, a seleção dos materiais a utilizar não tem normalmente em vista o fator radão, ou seja, o quanto estes materiais contribuem para a diminuição das concentrações deste gás no ambiente interior, seja pela emanação de radão dos próprios materiais, seja pela sua capacidade de barreira à passagem do radão.

Métodos construtivos antigos, onde não existiam técnicas construtivas mitigadoras de radão, associados à utilização de paredes em granito em muitos dos casos, fazem aumentar as concentrações de radão no interior dos edifícios.

Muitas vezes por questões estéticas, as paredes de granito mantêm-se sem revestimento, de modo a manter o granito à vista tal como na Figura 14. No entanto existem tipos de revestimento que podem ser utilizados sem prejudicar a beleza das paredes de granito.



Figura 14 - Exemplo de sala de estar onde se mantém o granito à vista [26].

No presente trabalho foram selecionados 3 diferentes tipos de revestimentos que estão disponíveis no mercado num formato incolor e que podem ser aplicados em pedra natural. Pretende-se aprofundar o conhecimento à cerca da permeabilidade destes ao radão, procurando aquele que apresente uma maior capacidade de barreira a este gás, podendo assim vir a ser uma boa opção para aplicar em paredes com granito à vista. A versatilidade dos produtos de revestimento selecionados, também permite a sua aplicação em outros tipos de materiais como por exemplo no betão, sendo este um dos materiais mais comuns na construção.

2.6.1. Vernizes

Os vernizes compostos por resina acrílica, quando aplicados num certo material, formam uma película impermeável em volta da superfície, conferindo-lhe uma maior durabilidade.

O verniz utilizado neste trabalho, de nome Betocryl (Figura 15) , é um produto marca CIN - Corporação Industrial Norte, S.A. Este é um verniz acrílico aquoso, normalmente a sua utilização prende-se com as características estéticas que confere às superfícies onde é aplicado, pois realça a cor e textura dos materiais, tais como betão exterior, pedras, cantarias e alvenaria [27].

Este produto confere ainda uma proteção adicional aos materiais, pois as suas características físicas protegem os materiais de humidades, algas e fungos, evitando assim que materiais se deteriorem, aumentando a sua longevidade.



Figura 15 - Produto Betocryl da CIN, verniz acrílico aquoso [28].

Na Tabela 6, encontram-se algumas características técnicas deste verniz:

Tabela 6 - Características técnicas do verniz Betocryl [27].

Acabamento:	Acetinado
Cor:	Incolor, estando também disponível em verde, castanho e cinzento
Substrato:	Betão, pedras, cantarias e tijolo
Rendimento prático:	10 - 16 m ² /L por demão
Processo de aplicação:	Rolo anti-gota, trincha, pistola convencional e airless
Tempo de Secagem:	Superficial - 10 a 15 min Repintura - 1 hora
COV (compostos orgânicos Voláteis)	Este produto contém no máx. 40 g/L (Valor limite imposto pela UE para este produto)
Estabilidade em Armazém	3 anos (quando armazenado na embalagem de origem e mantido em ambiente interior, entre 5 e 40 °C)

Durante a aplicação do verniz é necessário que a superfície de aplicação se encontre seca, isenta de gorduras, poeiras e outros contaminantes. Se a superfície em causa apresentar eflorescências, estas devem ser previamente tratadas com uma solução a 5% de ácido clorídrico, e posteriormente lavar a superfície com água limpa. No caso de suportes já envernizados, deverá efetuar-se um despolimento da superfície com uma lixa fina, e de seguida lavar toda a superfície com jato de água sob pressão, pois caso contrário não se conseguirá obter a aderência necessária entre o novo verniz e a superfície em causa. Se for identificada

alguma contaminação da superfície por algas ou fungos, esta deverá ser tratada previamente com líquido desinfetante fungicida e algicida [27].

De modo a preparar a aplicação, o produto deverá ser agitado até que a textura deste seja completamente homogénea. O verniz não deve ser diluído com qualquer outro produto, pois este vem pronto a aplicar. Poderão ser aplicadas até 3 demão de verniz. No caso de a aplicação ser efetuada com pistola convencional, o bico da pistola deverá ter 2,2 mm de diâmetro [27]. Para se executar a aplicação do produto, devem ser reunidas as condições ambientais necessárias, de acordo com a Tabela 7:

Tabela 7 - Condições ambientais necessárias para aplicação do produto [27].

Temperatura ambiente:	Superior a 5 °C
Humidade relativa:	Inferior a 80 %
Temperatura do suporte:	2 a 3 °C acima do ponto de orvalho. Não aplicar em suportes muito quentes por exposição ao sol.
Humidade do suporte:	Inferior a 4%

A utilização deste produto deverá ter sempre em conta a legislação em vigor relativa a ambiente, higiene, saúde e segurança no trabalho.

2.6.2. Hidrofugantes

Um hidrofugante é um produto destinado a repelir a água, através da redução do ângulo de molhagem dos poros de um certo substrato, este pode ainda ser adicionado às argamassas ou aplicado sobre as mesmas [29].

O hidrofugante utilizado de nome Hidro SB FACHADAS (Figura 16) é um produto da Aquastop, marca registada da CIN. Este é um hidrofugante de silicone base solvente, este produto é recomendado para impermeabilização de materiais porosos e não fissurados em fachadas, impedindo assim infiltrações indesejadas [29].

Por ser um material aquoso não forma uma película em volta de toda a superfície, no entanto ao ser absorvido pelos poros da superfície, torna-os impermeáveis, impedindo assim a passagem de água. Uma vez que penetra profundamente no suporte, evita também os danos causados pela congelação da água no interior dos materiais, que ao expandir abre fissuras e dá início a vários problemas que podem por em causa o tempo de vida útil da estrutura. Este produto evita ainda a deposição de sujidade nas superfícies.



Figura 16 - Produto HIDRO SB FACHADAS, hidrofugante de silicone base solvente [30].

Na Tabela 8, encontram-se algumas características técnicas deste produto:

Tabela 8 - Características técnicas do hidrofugante, HIDRO SB FACHADAS [29].

Acabamento:	Transparente
Cor:	Incolor
Substrato:	Suportes porosos
Rendimento prático:	1 - 4 m ² /L por demão
Processo de aplicação:	Trincha ou pulverizador
Tempo de Secagem:	Aproximadamente 2 horas
Estabilidade em Armazém	5 anos (quando armazenado na embalagem de origem e mantido em ambiente interior, entre 5 e 40 °C)

Durante a aplicação do hidrofugante, é necessário que a superfície de aplicação seja porosa, bem aderente, livre de patologias, seca e limpa. Convém lixar, escovar e retirar possíveis poeiras ou outros contaminantes. Se for identificada alguma contaminação da superfície por algas ou fungos, esta deverá ser tratada previamente com líquido desinfetante fungicida e algicida. A superfície deverá estar bem seca, numa profundidade de aproximadamente 5 mm [29].

De modo a preparar a aplicação, o produto deverá ser agitado até atingir a homogeneização completa. O hidrofugante não deve ser diluído com qualquer outro produto, pois este vem pronto a aplicar. Deverá ser aplicada uma só camada até atingir a saturação do suporte. Sendo este produto à base de silicone, não deverá ser aplicado em metal madeira ou vidro pois irá

dificultar a sua remoção [29]. Para se executar a aplicação do produto, devem ser reunidas as condições ambientais necessárias, de acordo com a Tabela 9.

A utilização deste produto deverá ter sempre em conta a legislação em vigor relativa a ambiente, higiene, saúde e segurança no trabalho.

Tabela 9 - Condições ambientais necessárias para aplicação do produto [29].

Temperatura ambiente:	Superior a 5 °C
Humidade relativa:	Inferior a 80 %
Temperatura do suporte:	2 a 3 °C acima do ponto de orvalho. Não aplicar em suportes muito quentes por exposição ao sol.

2.6.3. Silicones líquidos

Um silicone líquido quando é aplicado forma uma película impermeável em volta da superfície conferindo-lhe uma maior durabilidade.

O silicone líquido selecionado foi o Rubson Aquablock Silicone Líquido SL3000 (Figura 17), da Henkel. Este produto é composto na sua totalidade por silicone em base aquosa. É frequentemente utilizado para impermeabilizar e proteger vários elementos, tais como: coberturas planas e inclinadas, caleiras, fundações e preenchimento de fissuras. Esta última é uma das características mais importantes do produto, pois ao preencher fissuras esta a dificultar que ocorra passagem de radão através das fissuras [31].

Este produto apresenta uma elasticidade até 400%, tornando possível que acompanhe o movimento das fissuras sem se romper, a elasticidade mantém-se mesmo a baixas temperaturas. Apresenta uma grande resistência aos raios UV, a temperaturas extremas entre -20°C a 80°C, e a eventuais agressões pontuais de ácidos e bases diluídas [31].

Este revestimento pode ser aplicado em quase todo o tipo de materiais pois tem uma boa aderência, sendo que os suportes recomendados pelos fabricantes são: suportes minerais, telas, acrílicos, metais, plásticos, poliuretano, poliestireno e madeira [31].

Barreiras de radão à base de impermeabilizantes líquidos em pedras naturais



Figura 17 - Silicone líquido, Rubson SL3000 [32].

Na Tabela 10, encontram-se algumas características técnicas deste verniz:

Tabela 10 - Características técnicas de Rubson SL3000 [31].

Cor:	Cinzento, estando também disponível em preto, telha e branco
Substrato:	Mineral, sintético, plástico, acrílico, metal e madeira
Densidade:	1,3 g/ml
Rendimento:	1,3 Kg/m ² (por milímetro de espessura húmida)
Processo de aplicação:	Rolo, trincha, espátula ou airless
Tempo de Secagem:	2mm em 24 horas
COV (compostos orgânicos Voláteis)	Este produto contém no máx. 30 g/L
Estabilidade em Armazém	2 anos (quando armazenado na embalagem de origem e mantido em ambiente interior, entre 5 e 40 °C)

Durante a aplicação do silicone, é necessário que a superfície de aplicação se encontre seca, isenta de gorduras, poeiras e outros contaminantes. Se for identificada alguma contaminação da superfície por algas ou fungos, esta deverá ser tratada previamente com líquido desinfetante fungicida e algicida.

Este silicone líquido tem características (base silicone e alta consistência) que permitem a reparação de fissuras com o próprio produto. Deverão ser abertas fendas em formas de cunha na zona da fissura, para posteriormente preencher com Silicone Líquido® SL 3000, por fim basta deixar secar 24 horas [31].

De modo a preparar a aplicação, o produto deverá ser mexido até que a textura deste seja completamente homogénea. Este material não deve ser diluído com qualquer outro produto, pois este vem pronto a aplicar. Quanto à espessura em húmido recomendada, esta varia consoante o tipo de utilização, como impermeabilizante entre 1,0 e 1,5mm, em coberturas planas no mínimo 2,0mm, e se a utilização do produto for submersa em água deverá ser utilizada uma espessura mínima de 3,0mm [31]. Para se executar a aplicação do produto, devem ser reunidas as condições ambientes necessárias, de acordo com a Tabela 11. A utilização deste produto deverá ter sempre em conta a legislação em vigor relativa a ambiente, higiene, saúde e segurança no trabalho.

Tabela 11 - Condições ambientais necessárias para aplicação do produto [31].

Temperatura ambiente:	Entre 10°C e 30°C
Humidade relativa:	Inferior a 80 %
Temperatura do suporte:	10°C e 30°C (para baixas temperaturas deve assegurar-se que a temperatura do suporte está pelo menos 3°C acima do ponto de orvalho)
Humidade do suporte:	Inferior a 5%

2.7. Coeficiente de difusão ao radão

O coeficiente de difusão do radão representa a facilidade com que este gás se desloca em um dado material. É possível através da análise do coeficiente de difusão do radão, perceber se um certo material será ou não uma boa opção para evitar a entrada de radão no ambiente interior, quando aplicado sobre as zonas de maior transferência de radão do exterior para o interior de uma habitação, ou dos materiais de construção para o ambiente interior.

Através da ISO 11665-10 é possível seguir detalhadamente todo o procedimento necessário para determinar o coeficiente de difusão do radão para materiais impermeáveis. São indicados três métodos, em estado estacionário (método B e C, Figura 19) e não estacionário (método A, Figura 18). Ambos os métodos têm como base a colocação da membrana impermeável que se pretende estudar, entre duas câmaras separando-as. Numa câmara encontra-se a fonte de radão que gera concentrações na ordem de 1 a 100 MBq/m³, enquanto na outra câmara (recetora) é monitorizada a concentração de radão ao longo do tempo [33].

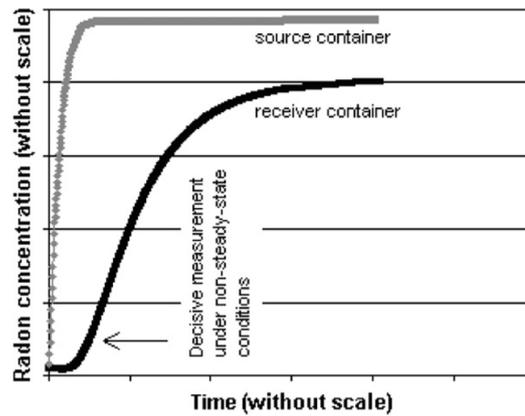


Figura 18 - Método A, sob condições não estacionárias [34].

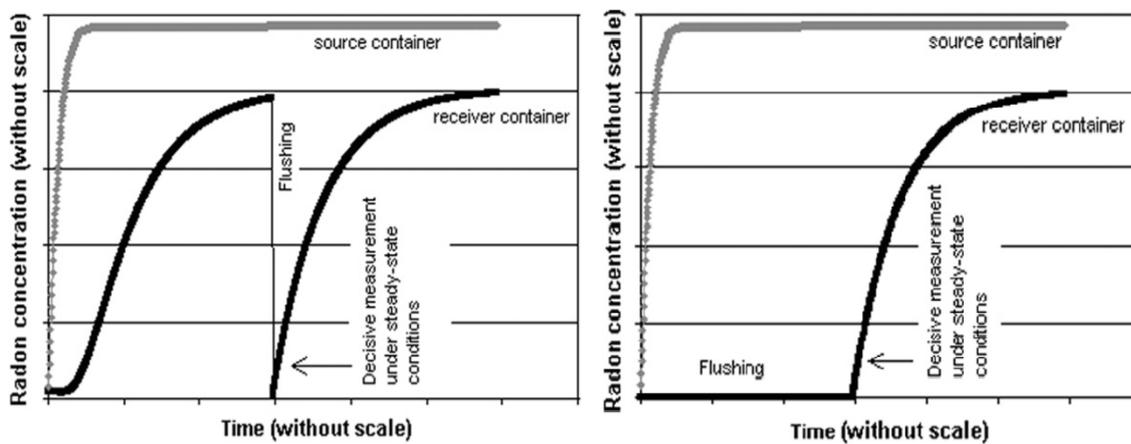


Figura 19 - Métodos B e C sob condições estacionárias [34].

O método C proporciona maiores valores de exalação do radão, sendo que se deve utilizar este método quando se preveem valores de coeficiente de difusão muito baixos [33].

Seguindo o estado não estacionário a concentração da atividade de radão C (Bq/s.m³), medida com células de cintilação, é obtida através da seguinte fórmula [33]:

$$C = \frac{N - N_0}{T_c \cdot R_t \cdot n_a \cdot V_f} = \frac{N - N_0}{\omega} \quad , (1)$$

Onde:

$$\omega = T_c \cdot R_t \cdot n_a \cdot V_f;$$

N= contagem de traços no tempo T_c;

N₀= contagem de traços produzidos pela concentração de fundo no tempo T_c;

T_c= tempo de medida [s];

R_t = fator de calibração em condições de equilíbrio secular entre o radão e seus descendentes [número/Bq];

n_a = número de emissões alfa presente na célula por becquerel de radão depois do tempo t decorrido entre o enchimento e a medida da célula ($n_a \approx 3$ às 3 horas para 1 Bq de radão);

V_f = Volume sensível da célula de cintilação [m^3].

A concentração da atividade de radão na câmara recetora aumenta ao longo do tempo, dependendo do grau de exalação da amostra, da área da amostra e do volume da câmara recetora. Em condições estacionárias, considerando a redução da concentração da atividade do radão através da decomposição radioativa e descurando a difusão na direção oposta e a ventilação, o aumento linear da concentração da atividade é descrito da seguinte maneira [33]:

$$C_{rc,i} = C_{rc,i-1} + \frac{E \cdot S_s}{V} \Delta t \quad , (2)$$

Onde:

C_{rc} - Concentração da atividade de radão;

E - Grau de exalação;

S_s - Área da amostra;

V - Volume da câmara recetora.

Sendo que o grau de exalação é dado pela seguinte expressão [33]:

$$E = \frac{V(C_{rc,i} - C_{rc,i-1})}{S_s \cdot \Delta t} = p \cdot \frac{V}{S_s} \quad , (3)$$

Onde:

p = Inclinação da linha de regressão linear [$Bq/s \cdot m^3$]

Assumindo uma concentração de atividade de radão constante na câmara emissora e uma concentração insignificante na câmara recetora no início da medida para efeitos de calculo, o grau de exalação da amostra é expresso da seguinte forma [33]:

$$E = \frac{2 \cdot C_{sc} \cdot l \cdot \lambda}{e^{d/l} - e^{-d/l}} \quad , (4)$$

Onde:

C_{sc} - Concentração de atividade de radão na câmara recetora (constante);

l - Longitude de difusão;

λ - Constante de desintegração do radão ($7,56 \times 10^{-3} h^{-1}$).

A partir dessas duas últimas equações, e através de um processo iterativo, obtém-se a longitude de difusão l . E por fim, o coeficiente de difusão D é obtido através da seguinte expressão [33]:

$$D = \lambda \cdot l^2 \quad , (5)$$

Alguns estudos têm vindo a ser desenvolvidos com objetivo de determinar o coeficiente de difusão do radão em telas de impermeabilização. Um desses estudos, foi realizado pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Técnica Checa em Praga e pelo Instituto Nacional de Proteção contra a Radiação da República Checa, que determinou o coeficiente de difusão do radão em 126 materiais de isolamento anti radão disponíveis em toda a Europa. O resumo dos resultados é apresentado na Figura 20, onde os materiais estão agrupados por categorias dependendo da sua composição química, na categoria está indicado o número de materiais que a constituem [26].

É possível verificar que os materiais de isolamento contra o radão apresentam valores de coeficiente de difusão de radão nos quais a sua ordem de grandeza varia entre $10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ e $10^{-15} \text{ m}^2/\text{s}$. Não existem valores estabelecidos para um coeficiente de difusão ao radão máximo, pois o valor do coeficiente máximo desejado depende de vários fatores, tais como a soma das áreas em contacto com o solo, o volume de ar do edifício, a ventilação do edifício, a concentração de radão no solo e a espessura do material a aplicar.

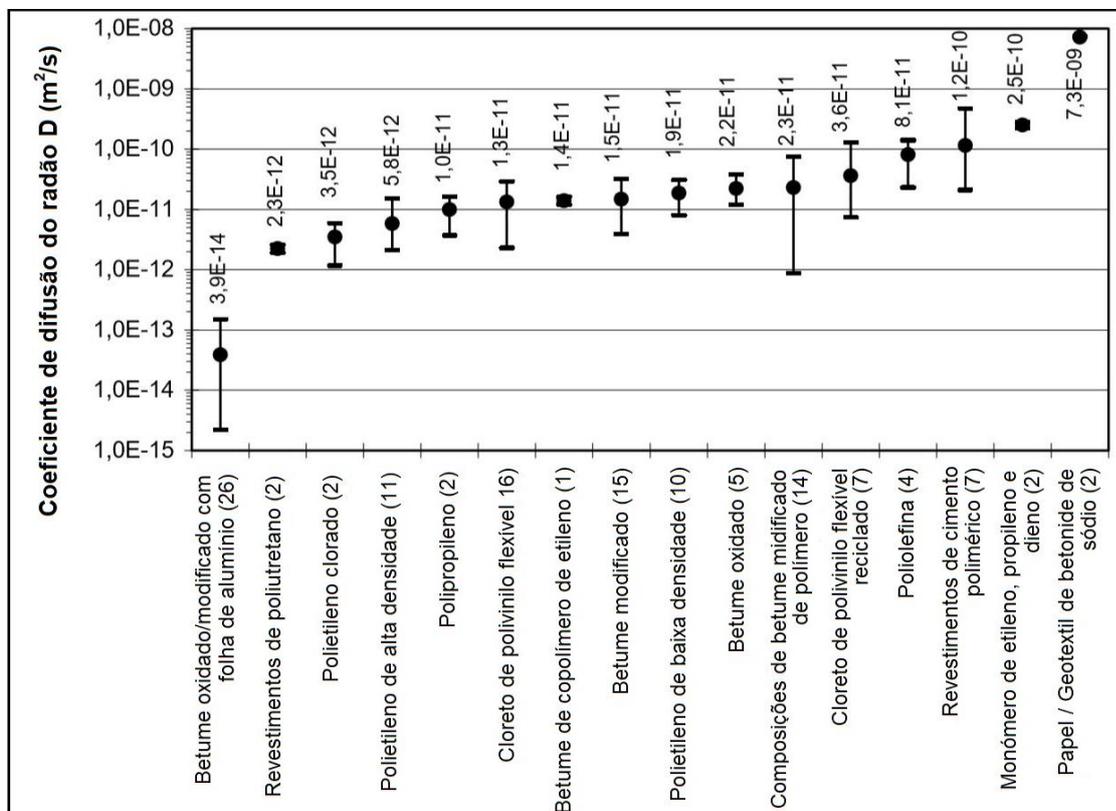


Figura 20 - Resumo dos coeficientes de difusão de Radão realizados em vários materiais de isolamento anti radão. Adaptado [26].

2.8. Coeficiente de permeabilidade ao oxigénio

A dificuldade de utilizar os recursos necessários para a determinação do cálculo do coeficiente de difusão ao radão, fizeram buscar outras formas de poder avaliar a capacidade de barreira dos materiais ao radão. Medir o coeficiente de difusão de gases não radioativos é um processo menos complexo do que medir o coeficiente de difusão do radão.

Em 1960, J.A. Currier desenvolveu a seguinte expressão que relaciona o coeficiente de difusão com a porosidade [33]:

$$\frac{D}{D_0} = \gamma \rho^\mu \quad , (6)$$

Onde:

D_0 = coeficiente de difusão do radão no ar, $0,1 \times 10^{-4}$ [m²/s]

ρ = porosidade do material

$\gamma \leq 1$, $\mu \geq 1$ = constantes ou fatores de forma de um material granular específico.

Este estudo comprovou a relação entre a porosidade e o coeficiente de difusão, realizando ensaios em vários materiais. Foi comprovado empiricamente que os materiais com porosidades maiores, têm um coeficiente de difusão e uma longitude de difusão maiores, como é o caso do gesso e da pedra pomes.

Em 1991, Rogers e Nielson desenvolveram um método para calcular a permeabilidade de um terreno, uma vez que estes argumentavam que tanto o coeficiente de difusão do radão como a permeabilidade ao ar de um terreno apesar de se poderem determinar de forma experimental, eram procedimentos muito dispendiosos e que consumiam muito tempo. Assim o método de cálculo que desenvolveram, relaciona a permeabilidade do ar do terreno com a porosidade, o diâmetro médio das partículas, e o grau de saturação de água do terreno [33].

$$k = \left(\frac{\varepsilon}{500}\right)^2 d^{4/3} \exp(-12S^4) \quad , (7)$$

Onde:

k = coeficiente de permeabilidade de um gás;

ε = porosidade

d = diâmetro da rede de poros abertos;

S = grau de saturação de água do terreno.

Os estudos que relacionam o coeficiente de difusão do radão com a permeabilidade dos materiais, normalmente dizem respeito a materiais porosos tal como o betão por exemplo. Um trabalho desenvolvido por Alemparte, Pilar Linares [33] relaciona o coeficiente de difusão do oxigénio com o do radão utilizando o betão como material barreira. Sendo que no caso do betão, o processo para determinar a sua permeabilidade ao oxigénio encontra-se disposto na Especificação do LNEC E 392-1993 - Betões - Determinação da Permeabilidade ao Oxigénio. Este parâmetro mais fácil de determinar, ajuda a caracterizar como será o comportamento deste material frente ao radão.

O coeficiente de permeabilidade ao oxigénio foi determinado utilizando a seguinte expressão:

$$K = \frac{2v\eta LP_2}{A(P_1^2 - P_2^2)}, \quad (8)$$

Onde:

K - Coeficiente de permeabilidade ao oxigénio [m²],

v- fluxo do fluido [m³/s],

η - viscosidade dinâmica [Ns.m⁻²]

L- espessura do provete [m],

A- Secção Transversal [m²]

P₁- Pressão absoluta do fluido à entrada do provete [N.m⁻²],

P₂- Pressão absoluta do fluido à saída do provete (pressão atmosférica) [N.m⁻²]

Para o cálculo do coeficiente de permeabilidade considerou-se que a viscosidade dinâmica do oxigénio é de 2,02 x 10⁻⁵ Ns.m⁻².

3. Metodologia e trabalhos laboratoriais

Pretende-se estudar a permeabilidade de alguns produtos de revestimento ao radão e ao oxigénio. Tentando entender através dos resultados obtidos de que forma estes dois parâmetros se relacionam. Uma vez que para determinar o coeficiente de difusão do radão nos materiais seria necessário utilizar alguns meios não disponíveis para a realização deste estudo, não foi possível calcular este coeficiente. No entanto foram seguidas as metodologias executadas em vários trabalhos anteriormente desenvolvidos na UBI que estudam a capacidade de barreira ao radão de vários materiais. Foi ainda simultaneamente estudada a permeabilidade ao oxigénio destes mesmos materiais de revestimento.

Com vista a determinar a capacidade barreira ao radão, mediu-se a concentração de radão proveniente de uma amostra de granito com e sem revestimento aplicado, para posteriormente estudar as diferenças de concentração obtidas entre ambas as fases, devido à aplicação dos revestimentos. Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Estudos dos Efeitos de Exposição ao Radão - LabExpoRad, localizado nas instalações do centro de transferência de conhecimento e tecnologia, UBImedical.

O método que se pretende utilizar tem como objetivo estudar a capacidade que os materiais têm de reduzir a passagem do radão, sendo este proveniente de uma fonte natural. Executa-se por duas vezes o ensaio que visa determinar a concentração de radão para a mesma fonte, sendo que na última medição existe uma barreira (material de revestimento) entre a fonte natural e o detetor utilizado. Por fim estuda-se o comportamento da concentração de radão perante a atuação dos materiais de revestimento como barreira. É de salientar, que pelo facto da fonte de radão não ser calibrada, a concentração gerada por esta fonte poderá ser diferente nas duas fases de ensaio, apesar disso, os ensaios são reproduzidos da mesma forma para três amostras diferentes, obtendo uma estimativa da concentração média de radão.

A segunda parte do processo laboratorial realizado visa determinar a permeabilidade ao oxigénio dos materiais de revestimento. A metodologia para a determinação da permeabilidade ao oxigénio de vernizes, tintas ou outros revestimentos do mesmo género, não se encontra normalizada. Contudo a metodologia da permeabilidade ao oxigénio no betão encontra-se disposta na Especificação do LNEC E 392-1993, estando ainda disponível um permeâmetro para esse efeito nos laboratórios da UBI. Assim executou-se o mesmo procedimento para amostras de granito. Ao conhecer a permeabilidade do granito ao oxigénio, poder-se-á comparar o seu desempenho com a sua capacidade barreira ao radão, uma vez que normalmente só se tem em conta as suas propriedades como produtor deste gás. Após a determinação da permeabilidade ao oxigénio das amostras de granito, foram aplicados revestimentos nas amostras e voltou-se a determinar a sua permeabilidade ao oxigénio, verificando assim quais os efeitos da aplicação dos revestimentos para a permeabilidade destes materiais. Estes ensaios foram desenvolvidos

no Laboratório de Construção, Cimentos e Durabilidade de Betões, instalado na faculdade de Engenharia e Arquitetura da UBI.

O granito utilizado em ambos os ensaios laboratoriais, provêm de uma peça utilizada na dissertação de mestrado de Monteiro, J. (2014) [35]. A amostra é proveniente de uma exploração localizada na cidade de Pinhel, distrito da Guarda, que faz parte da lista de distritos com concentrações de radão mais elevadas.

3.1. Detecção de radão e seus descendentes

Para determinar a concentração de radão e seus descendentes no ar, existem diferentes materiais ou instrumentos que podem ser utilizados, sendo a escolha condicionada pelos recursos disponíveis, custo, e pela duração do ensaio a realizar.

Em geral, a medição da concentração de radão presente num determinado ambiente é baseada na contagem de partículas emitidas por ele e seus descendentes de curta duração. Os dispositivos mais utilizados são os que envolvem a produção de cargas elétricas, a produção de luz, a sensibilização de películas fotográficas, a formação de traços no material, a produção de calor e alterações da dinâmica de certos processos químicos, dependente da forma pela qual a radiação interage com o detetor e ainda, dos subprodutos mensuráveis gerados. Um detetor de radiação utiliza normalmente um material sensível à radiação, bem como um sistema de leitura que transforma os efeitos da radiação num valor relacionado com a unidade de medida respetiva. Um dispositivo de deteção adequado à utilização, para além de satisfazer as condições pretendidas para cada caso específico, deve ser estável, preciso, sensível e eficaz [36].

De entre os diferentes meios de deteção, destacam-se 2 tipos de detetores, os passivos e os ativos.

Os detetores ativos, têm como base a realização de medições instantâneas da concentração de radão e seus descendentes em curtos espaços de tempo, normalmente de alguns minutos. É recolhida uma amostra de ar que posteriormente é tratada num aparelho de deteção de radiação, capaz de medir isoladamente o radão e seus descendentes. Neste processo recorre-se ao uso de filtros, campos electrostáticos negativos ou simplesmente deixa-se a amostra repousar durante 3 horas para que os descendentes decaiam radioactivamente, permitindo a medição isolada do radão e dos seus descendentes. Dentro deste tipo de detetores, os mais comuns são as células de Lucas, câmaras de ionização, espectrómetros alfa, método de dois filtros e o método de contagem integrada [37].

Os detetores passivos são expostos no ambiente que se deseja analisar por um determinado período de tempo, que dependendo do tipo de detetor utilizado, pode ser bastante variável. O radão é detetado através dos impactos que as partículas alfa causam na estrutura molecular dos detetores. Quando terminado o tempo de exposição desejado, procede-se a um tratamento químico ou eletroquímico adequado, tornando os impactos (traços) suficientemente alongados e alargados de modo a serem visíveis em um microscópio ótico. A concentração média de emissores, no tempo de exposição é determinada pela relação entre o tempo de exposição e o número de traços por unidade de área. Dentro deste tipo de detetores, os mais comuns são os SSNTD (detetores de traços nucleares de estado sólido) [37].

3.1.1. Detetores CR39 e sistema Radosys

O detetor CR39 é um detetor passivo que pertence à família de detetores de traços nucleares de estado sólido, sendo um dos mais utilizados.



Figura 21 - Câmaras de difusão dos detetores CR39.

Este regista a presença de partículas alfa durante um certo período de tempo, utilizando para isso um filme onde a passagem destas partículas fica gravada. O detetor CR39 é um monómero dialil-carbonato-dietileno-glicol, que foi desenvolvido para ser utilizado como lente ótica. A facilidade na observação dos traços através do microscópio ótico, deve-se ao facto dos traços serem regulares e apresentarem um contraste ideal com o próprio material plástico. A estimativa da concentração depende da contagem dos traços provocados pelas partículas alfa [11].



Figura 22 - Detetor CR39 fixado na tampa da câmara de difusão.

A utilização de detetores plásticos de traços trás algumas vantagens em relação a outros detetores, sendo estas: o seu baixo custo, a insensibilidade à luz visível, às partículas beta e radiações gama, o registo permanente dos traços, a eficácia na deteção e, terem a capacidade de realizar medições a longo prazo [23].

No entanto este tipo de detetores também têm algumas desvantagens: apresenta erros de precisão quando é utilizado em locais onde a concentração de radão é muito baixa, e o seu processo de revelação tem de ser realizado em laboratório. Durante o processo da sua fabricação este também é exposto a partículas alfa provenientes desse ambiente, que provocam traços na lente antes de ser utilizado no local a que se destina, este erro é denominado de valor de fundo. Para evitar o aumento dessa taxa de erro, os detetores devem ser mantidos em embalagens de alumínio antes e após a sua exposição, até ao momento da sua revelação [11].

3.1.2. Processo de Leitura e Medição

O processo de leitura de medição encontra-se sintetizado através do fluxograma representado na Figura 23.



Figura 23- Etapas de deteção de partículas alfa no detetor plástico de traços. Adaptado [11].

Para realizar a revelação dos detetores CR39 utiliza-se uma solução de hidróxido de sódio, com uma concentração de 6,25 mol a 90 °C. Sendo o banho de paragem constituído por uma solução de ácido acético.

Liga-se o aparelho *NanoReader Bath* (Figura 25), e aguarda-se cerca de meio minuto até introduzir a solução de hidróxido de sódio. O aparelho necessita aproximadamente de 30 minutos para aquecer a solução até atingir a temperatura de desejada, sendo esta de 90°C. Quando a solução alcançar os 90°C, o aparelho emite um sinal sonoro informando que a solução está pronta a iniciar o processo de revelação. Imerge-se o suporte com os detetores na solução pré aquecida durante 4 horas, sendo este o tempo necessário para efetuar a revelação dos detetores. Este procedimento é exotérmico e pode gerar vapores nocivos, no entanto a estrutura compacta do *NanoReader Bath* retém os gases no interior da unidade.

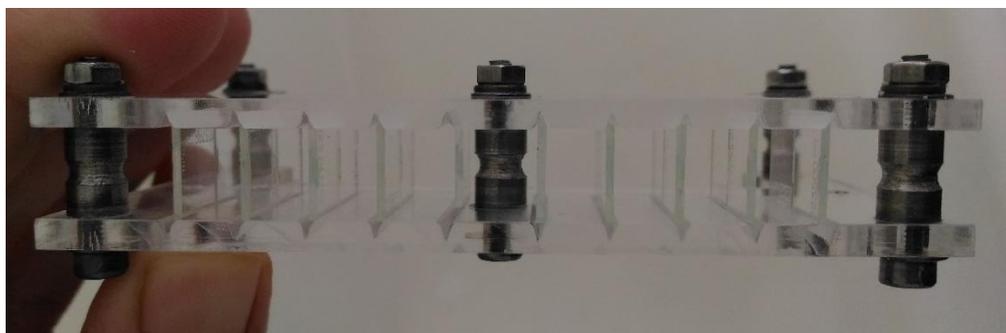


Figura 24 - Suporte com os detetores CR39.



Figura 25 - Unidade NanoReader Bath.

A velocidade com que a solução dissolve o plástico do detetor ao longo do traço (V_t) é maior do que a velocidade com que a superfície é dissolvida (V_b). Isto deve-se ao facto de existirem quebras de ligações químicas na região danificada do detetor, favorecendo-as de maior reatividade em relação às regiões não danificadas [11].

As velocidades V_b e V_t podem ser calculadas através das seguintes equações:

$$V_b = \frac{h}{t} \quad , (9)$$

$$V_t = \frac{l}{t} \quad , (10)$$

Onde:

h - Espessura da camada dissolvida, em relação à superfície original do detetor;

t - O tempo de exposição do detetor à solução utilizada, independentemente da sua natureza;

l - Extensão do traço.

É necessário passar os detetores por um banho de neutralização, após o processo de limpeza. Este banho é executado com cerca de 200 ml de uma solução de ácido acético (Figura 26), ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$). Coloca-se a solução num gobelé, onde se mergulha o suporte com os detetores durante cerca de 10 minutos.



Figura 26 - Suporte com os detetores CR39 mergulhados na solução.

Para a limpeza dos detetores ficar completa, tornando possível a sua leitura através do equipamento adequado, é necessário realizar uma lavagem final dos detetores. Esta lavagem consiste em mergulhar os detetores num gobelé com cerca de 200 ml de água destilada (Figura 27), durante 10 minutos.

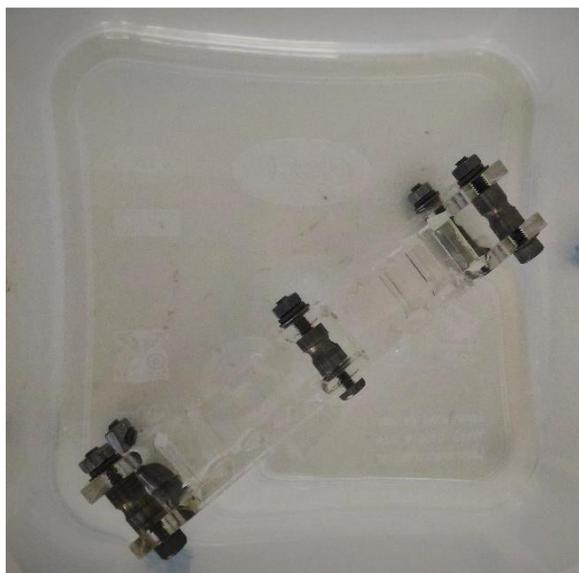


Figura 27- Lavagem final dos detetores CR39 em água destilada.

Quando os detetores se encontrarem completamente secos, são analisados individualmente num microscópio ótico. A Figura 28 apresenta a legenda de alguns acessórios do microscópio *NanoReader*.



Figura 28 - Microscópio NanoReader da Radosys [35].

O microscópio deve estar ligado a um computador que possua um software capaz de ler e quantificar o número de traços, são utilizados parâmetros de calibração fornecidos e atualizados pelo fabricante. Quando os traços são observados no microscópio, a sua geometria pode assemelhar-se com círculos, elipses ou cones, permitindo que o microscópio conte os traços e determine a densidade dos mesmos. Cada leitura é realizada pelo menos 2 vezes, com orientações diferentes para obter uma boa análise da densidade dos traços. Obtém-se diretamente o valor da concentração de cada detetor, mencionando qual o tempo de exposição a que o detetor esteve sujeito. O resultado de cada leitura é expresso pelo software na respectiva unidade do sistema internacional (Bq/m^3). As leituras de cada detetor são repetidas 10 vezes para uma maior robustez estatística dos valores medidos.

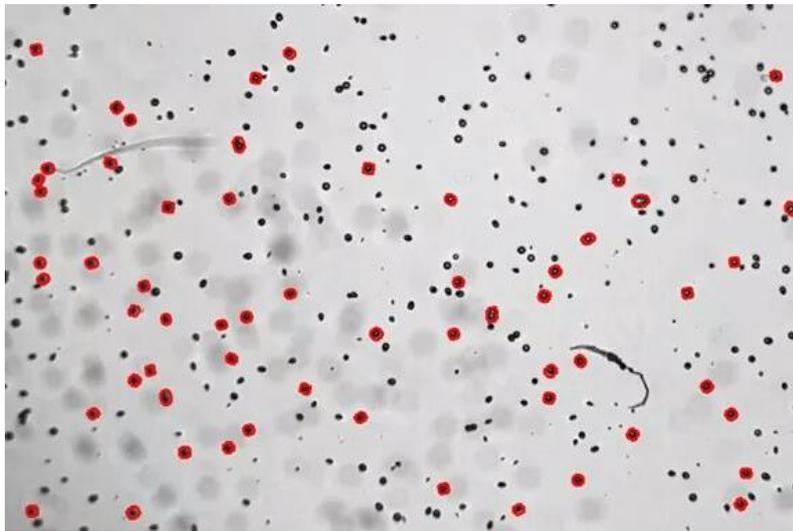


Figura 29 - Observação de um detetor através do microscópio NanoReader.

Para determinar a concentração de radão, os cálculos baseiam-se na seguinte expressão:

$$C_{Rn} = \frac{D}{K \cdot t} \quad , \quad (11)$$

Onde:

C_{Rn} - Concentração de radão (Bq/m^3);

D - Densidade de traços ($\text{traços}/\text{cm}^2$);

t - Tempo de exposição (dias);

K - Eficiência do detetor ($\text{traços} \cdot \text{cm}^{-2} / \text{Bq} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{dias}$).

Para determinadas concentrações é necessário conhecer também a eficiência do detetor (K), esta pode ainda ser denominada de fator de conversão de traços em concentração, ou fator de calibração, este valor é fornecido pelo fabricante para cada preparação de detetores. A eficiência permite converter a densidade de traços em concentração de radão [11].

3.1.3. Formulação teórica de estatística

A leitura da informação de cada detetor repete-se por 10 vezes, com o objetivo de diminuir os erros no processo de identificação automática de traços e sua contagem. Através da repetição das leituras é possível obter um maior grau de confiança no processo, conseguindo ainda atingir um valor final mais rigoroso.

Até atingir o valor final, existem alguns cálculos estatísticos que têm de ser efetuados. Entre estes destacam-se a média, o desvio padrão, o desvio padrão da média e o desvio médio percentual.

O valor da média é determinado com base na seguinte expressão:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad , (12)$$

Onde:

X - Representa o valor de cada leitura;

n - Número total de leituras.

O valor do desvio padrão é determinado pela seguinte expressão:

$$\bar{X} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad , (13)$$

Onde:

\bar{x} - Valor da média;

x - Valor de cada leitura;

n - Número total de leituras.

O desvio padrão da média é definido pela equação:

$$S_m = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad , (14)$$

Onde:

s - Desvio padrão;

n - Número de amostras.

O desvio médio percentual refere o valor de variação da média em relação ao desvio padrão da média. É calculado pela expressão:

$$S \% = \frac{\bar{X}}{S_m} , (14)$$

3.2. Determinação da concentração de radão

Para o ensaio da concentração de radão decidiu-se utilizar pequenas amostras provenientes da peça de granito referida anteriormente, esta foi cortada de modo a obter 11 cubos com 5 cm de aresta (Figura 30).



Figura 30 - Corte das amostras de granito.

Utilizou-se como barreira ao ambiente exterior, uma manga plástica visto que uma das suas características é a capacidade de resistir à penetração do radão, sendo que a sua permeabilidade a este gás é praticamente nula. Esta característica confere-lhe a qualidade necessária para os ensaios que se pretendiam realizar.

Como é possível observar na Tabela 12, identificaram-se os cubos com numeração de 1 a 9, de seguida colocou-se cada amostra de granito juntamente com um detetor CR39, dentro de duas mangas plásticas para assegurar a estanquidade destas ao gás radão, selando bem ambos os lados da manga plástica com o auxílio de fita-cola. As amostras foram assim mantidas inicialmente neste ambiente durante 21 dias.

Tabela 12 - Identificação dos detetores e da duração da 1ª fase de ensaios

Identificação do Provete	Referência do detetor	Dia de início do ensaio	Data de fim do ensaio	Número de dias de exposição
1	223380	31/01/2017	21/02/2017	21
2	224998	31/01/2017	21/02/2017	21
3	223751	31/01/2017	21/02/2017	21
4	223899	31/01/2017	21/02/2017	21
5	223386	31/01/2017	21/02/2017	21
6	225405	31/01/2017	21/02/2017	21
7	225325	31/01/2017	21/02/2017	21
8	223391	31/01/2017	21/02/2017	21
9	223902	31/01/2017	21/02/2017	21

Na segunda fase da experiência foram aplicados os revestimentos nas amostras, cada tipo de revestimento foi aplicado em três cubos de granito diferentes, de modo a obter uma maior coesão dos resultados finais.

Como os cubos teriam de ser pintados em todas as faces, e na impossibilidade de o fazer ao mesmo tempo de modo convencional, criaram-se moldes (Figura 31 e 32) para que a aplicação dos revestimentos fosse executada ao mesmo tempo em todas as faces, conseguindo assim manter o mesmo tempo de cura do revestimento em todas as zonas da peça. Os moldes mantinham as amostras suspensas, através de dois pequenos pontos em faces opostas, sendo no fim a pintura regularizada nestes pontos. Os moldes foram todos enumerados com a respetiva numeração das amostras, pois ao aplicar o revestimento a identificação das amostras deixou de estar visível.



Figura 31 - Moldes de madeira para pintura homogênea das amostras.

Para a pintura destas amostras foi tido em conta o modo de aplicação aconselhado pelos fabricantes dos diferentes revestimentos. Para o verniz, foi necessário aplicar três demãos, enquanto que para o hidrofugante deve ser aplicada somente uma demão, assim aplicou-se uma

camada ou pouco mais espessa de modo a obter o máximo rendimento deste material. Para o silicone líquido, os fabricantes aconselham aplicar uma camada entre 1 e 3 mm dependendo do género de aplicação pretendida, assim aplicou-se a espessura máxima recomendada pelos fabricantes de modo a obter o máximo rendimento do material.

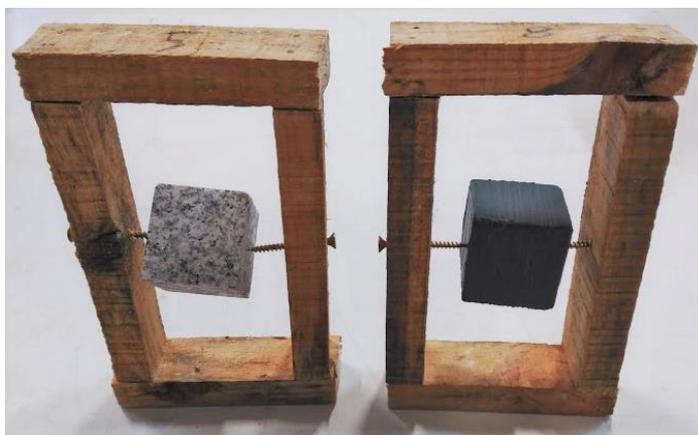


Figura 32 - Moldes segurando as amostras antes e depois da aplicação do revestimento.

A Tabela 13 diz respeito à 2ª fase de ensaios, onde as amostras com o revestimento aplicado, foram submetidas novamente ao ensaio da concentração de radão, juntamente com mais 2 amostras sem revestimento, foi utilizada a metodologia da fase anterior e o ensaio teve uma duração de 23 dias. A utilização destas duas amostras sem revestimento nesta fase, resulta da necessidade de verificar se houve alguma alteração dos resultados da concentração de radão por influência de alguns fatores externos, e por fim verificar se o valor obtido por estas amostras, se encontra dentro do intervalo médio de valores dos ensaios efetuados na fase 1.

Tabela 13 - Identificação dos detetores e da duração da 2ª fase de ensaios

Identificação do Provete	Tipo de revestimento	Referência do detetor	Dia de início do ensaio	Data de fim do ensaio	Número de dias de exposição
1	Verniz	223515	29/03/2017	21/04/2017	23
2	Verniz	223504	29/03/2017	21/04/2017	23
3	Verniz	224084	29/03/2017	21/04/2017	23
4	Hidrofugante	223790	29/03/2017	21/04/2017	23
5	Hidrofugante	224023	29/03/2017	21/04/2017	23
6	Hidrofugante	223351	29/03/2017	21/04/2017	23
7	Silicone	223773	29/03/2017	21/04/2017	23
8	Silicone	223788	29/03/2017	21/04/2017	23
9	Silicone	223338	29/03/2017	21/04/2017	23
10	-	224897	29/03/2017	21/04/2017	23
11	-	223747	29/03/2017	21/04/2017	23

No fim de terminados os dois primeiros ensaios, foram executadas outras medições experimentais com o objetivo de rastrear eventuais erros que possam ter ocorrido durante a realização das fases 1 e 2. Foi necessário verificar se a permeabilidade das mangas plásticas seria de facto quase nula, e conhecer o nível de concentração de radão no interior do laboratório (Figura 33). Desta forma, colocou-se um detetor no laboratório onde decorreram os trabalhos experimentais, LabExpoRad. Para conhecer a permeabilidade da manga plástica ao radão, colocou-se um detetor dentro de 2 mangas plásticas tal como foi executado nas duas primeiras fases de ensaio, sendo que desta vez não foi inserida nenhuma fonte de radão junto do detetor, tornando possível entender se o radão presente no laboratório conseguiria penetrar a manga plástica.



Figura 33- Detetor selado dentro da manga plástica e detetor livre.

Relativamente à metodologia executada nas fases de ensaio 1 e 2, foi necessário verificar se a posição dos detetores em relação à face da amostra teria influência nos resultados obtidos. Desta forma, foi colocado um detetor junto a cada face de uma amostra de granito. A amostra foi utilizada nos ensaios anteriores e identificada com o número 11. Na Figura 34 é possível observar como foram colocados os detetores em relação à amostra, por fim selou-se o conjunto com duas mangas plásticas.



Figura 34 - Colocação dos detetores em redor da amostra e selagem do conjunto.

Tabela 14 - Identificação dos detetores e da duração da 3ª fase de ensaios

Identificação do ensaio	Referência do detetor	Dia de início do ensaio	Data de fim do ensaio	Número de dias de exposição
Face A da amostra 11	225337	24/04/2017	18/05/2017	25
Face B da amostra 11	223346	24/04/2017	18/05/2017	25
Face C da amostra 11	223502	24/04/2017	18/05/2017	25
Face D da amostra 11	223753	24/04/2017	18/05/2017	25
Face E da amostra 11	223901	24/04/2017	18/05/2017	25
Face F da amostra 11	225312	24/04/2017	18/05/2017	25
Manga plástica	223779	24/04/2017	18/05/2017	25
Ambiente interior	223500	24/04/2017	18/05/2017	25

3.3. Coeficiente de permeabilidade do oxigénio

Para se determinar o coeficiente de permeabilidade do oxigénio foi utilizado o permeâmetro existente no Laboratório de Construção, Cimentos e Durabilidade de Betões da UBI. O ensaio seguiu a especificação do LNEC E 392-1993 - Betões- Determinação da permeabilidade ao Oxigénio [38], que vai ao encontro da metodologia desenvolvida nos Laboratórios de Construção da UBI. O permeâmetro utilizado sujeita os corpos de prova a uma pressão na face superior deste, fazendo com que o oxigénio atravessasse o corpo de prova no sentido vertical até á face inferior onde é expulso em direção à pipeta, guiando o menisco formado por uma bolha de sabão até ao exterior da pipeta onde é medida a deslocação do menisco.

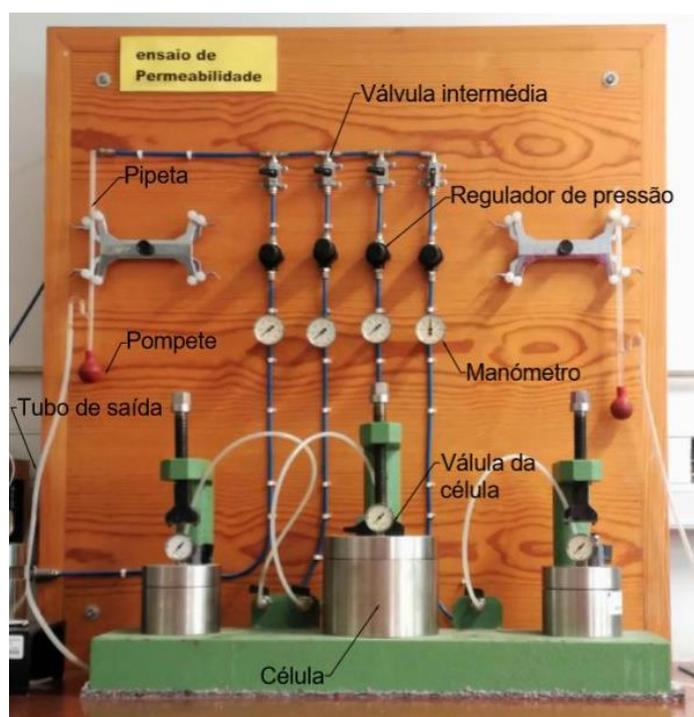


Figura 35 - Permeâmetro para ensaio da permeabilidade ao oxigénio.

As amostras utilizadas neste ensaio provêm da mesma peça de granito de onde foram extraídos os cubos para o ensaio da concentração de radão. Extraíram-se 9 carotes de 5cm de diâmetro, com auxílio da caroteadora existente no laboratório de engenharia civil da UBI.



Figura 36 - Extração dos corpos de prova utilizando a caroteadora.

Para o ensaio de permeabilidade ao oxigénio, os corpos de prova devem ter uma altura de 4cm, assim efetuou-se um corte em todos os carotes, obtendo assim as medidas necessárias.



Figura 37 - Corte dos corpos de prova a ensaiar.

Barreiras de radão à base de impermeabilizantes líquidos em pedras naturais

Registaram-se o diâmetro e altura exatos de cada corpo de prova, e calcularam-se as áreas das faces.

Tabela 15 - Dimensões das amostras utilizadas no permeâmetro.

Identificação do Provete	Altura (cm)	Diâmetro (cm)	Área da Face (cm ²)
V1	38,44	4,8	18,10
V2	41,01	4,8	18,10
V3	40,35	4,8	18,10
H1	38,22	4,8	18,10
H2	41,12	4,8	18,10
H3	41,22	4,8	18,10
S1	39,35	4,8	18,10
S2	41,38	4,8	18,10
S3	40,82	4,8	18,10

Todos os corpos de prova foram impermeabilizados lateralmente com uma tinta impermeável, Sikagard 570 W para evitar a passagem do oxigênio fora dos provetes.



Figura 38 - Amostras impermeabilizadas lateralmente e devidamente identificadas.

A amostra é colocada dentro do anel de borracha, que por sua vez está dentro do tubo de PVC, em seguida insere-se o conjunto no interior da célula de prova. Fecha-se a célula com o anel metálico e a tampa da célula. Por fim aperta-se o topo da célula com auxílio de uma chave dinamométrica exercendo uma força de 40 N.m.

A pressão é regulada através do manômetro em 3 bar. Aguarda-se 30 minutos até o fluxo estabilizar, depois regista-se por três vezes consecutivas o tempo necessário para o menisco de

sabão percorrer 20 cm na pipeta. De seguida, fecha-se a válvula intermédia e retira-se a pressão dentro da célula, para se poder substituir a amostra.



Figura 39 - Fases de preparação do ensaio de permeabilidade.

Uma vez concluído o ensaio da permeabilidade dos carotes, repetiu-se novamente o mesmo processo, mas desta vez com revestimento aplicado na face superior dos carotes. Tal como para o ensaio da concentração de radão, foi aplicado um tipo de revestimento diferente em cada três corpos de prova.



Figura 40 - Aplicação dos revestimentos nas amostras.

Uma vez reunidos todos os parâmetros necessários, calculou-se o coeficiente de permeabilidade individualmente para cada provete.

4. Apresentação de resultados

4.1. Concentração de Radão

Para se obter os valores das concentrações de radão registados pelos detetores CR39 utilizados ao longo deste trabalho, foi necessário realizar a leitura destes através de um microscópio ótico. O processo de revelação e leitura dos detetores foi executado no Laboratório de Estudos dos Efeitos de Exposição ao Radão, LabExpoRad, utilizando para isso o microscópio NanoReader da marca Radosys com o software informático necessário. Ambicionando obter os menores erros possíveis, selecionou-se somente as leituras dentro de um intervalo de 90% da distribuição normal para cada detetor, obtendo posteriormente a média desses valores.

No primeiro ensaio onde as amostras não tinham qualquer tipo de revestimento aplicado, verificaram-se as concentrações de radão apresentadas na Tabela 16. A média de erros obtidos no conjunto das leituras referentes a esta fase de ensaios é de 6%.

Tabela 16 - Valores das concentrações de radão obtidos na 1ª fase de ensaios.

Identificação do Provete	Concentração de Radão (Bq/m ³)	Dias de Exposição
1	460,88	21
2	356,67	21
3	502,38	21
4	254,22	21
5	577,75	21
6	422,86	21
7	232,11	21
8	457,25	21
9	200,67	21

Após a aplicação dos revestimentos, verniz, hidrofugante e silicone líquido, seguiu-se a segunda fase de ensaios, onde os resultados são apresentados na Tabela 17, também estão presentes nesta tabela os valores das amostras 10 e 11 que não têm qualquer tipo de revestimento aplicado. A média de erros obtidos nesta segunda fase de ensaios é de 8%.

Tabela 17 - Valores das concentrações de radão obtidos na 2ª fase de ensaios.

Tipo de Revestimento	Identificação do Provete	Concentração de Radão (Bq/m ³)	Dias de Exposição
Verniz	1	236,50	23
	2	338,67	23
	3	327,88	23
Hidrofugante	4	500,88	23
	5	285,88	23
	6	292,63	23
Silicone líquido	7	256,80	23
	8	209,71	23
	9	220,00	23
	10	332,33	23
	11	274,20	23

Os resultados da terceira fase de ensaios são apresentados na Tabela 18, esta fase serviu para verificar a influência da posição dos detetores em relação à amostra, a estanquidade ao radão das mangas plásticas e o nível de concentração de radão no ambiente onde decorreu o trabalho. Sendo que a presente fase se divide em três tipos de ensaios distintos, resolveu-se apresentar os erros equivalentes a cada tipo de ensaio separadamente. O erro relativo ao ensaio da concentração proveniente das diferentes faces da amostra é de 6%, enquanto que o ensaio de permeabilidade da manga plástica apresenta um erro de 19%, e o erro relativo à concentração no ambiente interior é de 4%. O erro relativo ao ensaio de permeabilidade da manga plástica, pode parecer um pouco elevado, mas visto que estamos a falar de um intervalo com valores muito pequenos é normal obter um erro maior pois este torna-se mais rigoroso.

Tabela 18 - Valores das concentrações de radão obtidos na 3ª fase de ensaios.

Identificação do ensaio	Concentração de Radão (Bq/m ³)	Número de dias de exposição
Face A da amostra 11	241,75	25
Face B da amostra 11	490,75	25
Face C da amostra 11	415,63	25
Face D da amostra 11	375,00	25
Face E da amostra 11	182,25	25
Face F da amostra 11	372,00	25
Permeabilidade da manga plástica	49,25	25
Ambiente interior	130,50	25

Analisando os resultados do terceiro ensaio (Tabela 18), é possível observar que a manga plástica oferece um bom desempenho como barreira ao radão, quanto à concentração de radão no interior do laboratório esta é superior a 100Bq/m^3 (valor máximo recomendado pela OMS) para além de ser um nível de concentração que pode oferecer riscos para a saúde dos ocupantes, este pode ter tido influência na gama de resultados obtidos, no entanto a influência dos resultados estará somente associada ao nível de grandeza dos mesmos, uma vez que ambos os ensaios foram desenvolvidos sob o mesmo nível de concentração interior.

Quanto aos valores de concentração provenientes das diferentes faces da amostra 11, estes apresentaram algumas diferenças significativas. Para cada face foram obtidos valores de concentração de radão diferentes, nas quais a gama de valores obtidos tem um coeficiente de variação de 33%, sendo que a diferença máxima entre concentrações é de 309Bq/m^3 . A média de concentrações deste ensaio foi de 346Bq/m^3 .

Uma vez que nas fases de ensaio 1 e 2 os detetores foram colocados junto a uma face aleatória das amostras e de acordo com o resultado do último ensaio, os dados obtidos parecem não ser completamente fiáveis, pois se no ensaio sem revestimento o detetor fosse colocado junto a uma face onde se obtivesse uma concentração elevada e, no ensaio com revestimento fosse colocado junto a uma face que gerasse uma concentração baixa, poder-se-ia supor que a diferença de concentrações provinha da ação do revestimento, enquanto na realidade se devia à colocação do detetor em relação à amostra.

Deste modo procurou-se compreender se a diferença de concentrações obtidas nas várias faces da amostra seria na verdade devido à localização dos detetores em relação à amostra, ou se era consequência da metodologia utilizada onde o volume de ar era escasso uma vez que a manga plástica contornava o detetor e a amostra suprimindo quase todo o volume de ar. Assim decidiu-se complementar e justificar os resultados obtidos anteriormente com a realização de mais duas fases de ensaio, identificadas como 4ª e 5ª.

Na 4ª análise repetiu-se o ensaio relativo às faces da amostra 11, mas desta vez com a aplicação de verniz sobre a amostra. A escolha deste revestimento deve-se ao seu bom desempenho tanto no ensaio da permeabilidade ao oxigénio como no ensaio da concentração de radão, pretendendo-se verificar se o seu bom desempenho como barreira ao radão se mantém ou se foi fruto de erros associados ao ensaio que possam ter ocorrido no desenvolvimento das fases 1 e 2. Os detetores foram colocados do mesmo modo e na mesma posição que no ensaio anterior junto das faces já identificadas anteriormente, ensaio teve também uma duração de 25 dias tal como no ensaio precedente. Na Tabela 19 são apresentados os resultados provenientes deste ensaio.

Tabela 19 - Valores das concentrações de radão obtidos na 4ª fase de ensaios.

Identificação do ensaio (com verniz)	Detetor	Concentração de Radão (Bq/m ³)	Número de dias de exposição
Face A da amostra 11	717690	113,11	25
Face B da amostra 11	717652	173,63	25
Face C da amostra 11	717656	64,88	25
Face D da amostra 11	717712	74,11	25
Face E da amostra 11	717665	81,14	25
Face F da amostra 11	717667	66,11	25

Para o 5º ensaio foi utilizado um recipiente com um volume de ar de aproximadamente 1000cm³. O recipiente utilizado provém do trabalho prático desenvolvido durante a dissertação de mestrado de Lopes, M. e é composto por lâminas de acrílico com 1cm de espessura [39]. Inseriu-se a amostra 10 (sem revestimento) no interior do recipiente, juntamente com cinco detetores distribuídos em redor da amostra como é possível observar no esquema da Figura 41.

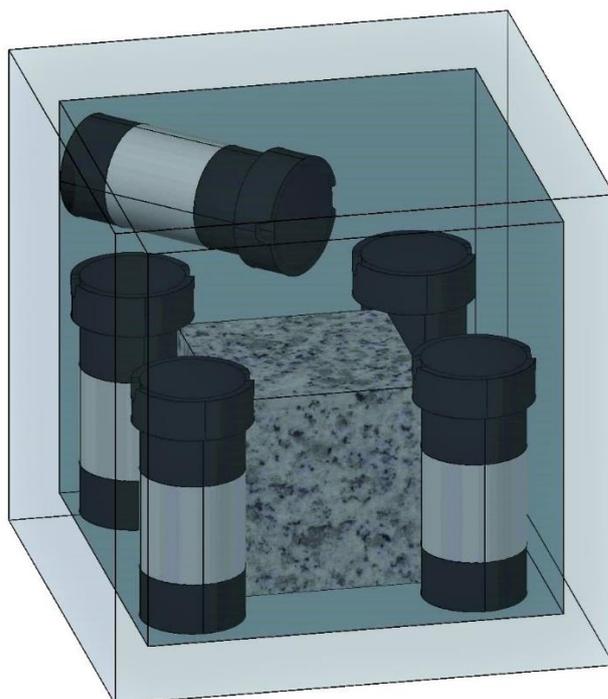


Figura 41 - Ensaio relativo à posição dos detetores com utilização de um provete com 1000cm³.

Este ensaio teve como objetivo verificar se as diferenças obtidas durante o ensaio teriam sido provocadas pelo método utilizado, uma vez que este tinha a particularidade de comportar um volume de ar no interior muito reduzido ou se realmente a posição dos detetores em relação à amostra influenciam o resultado obtido. Os valores das concentrações de radão obtidos na 5ª fase de ensaios encontram-se representados na Tabela 20.

Tabela 20 - Valores das concentrações de radão obtidos na 5ª fase de ensaios

Identificação do ensaio	Detetor	Concentração de Radão (Bq/m ³)	Número de dias de exposição
L1	717604	98,00	25
L2	717555	91,43	25
L3	717610	100,88	25
L4	717657	96,63	25
L5	717648	80,29	25

4.2. Coeficiente de Difusão ao Oxigénio

Após realizado o ensaio de permeabilidade ao oxigénio para as amostras com e sem revestimento, calculou-se o coeficiente de permeabilidade. Nas Tabela 21 e 22 são apresentados os dados retirados dos ensaios e os resultados dos mesmos, as tabelas referem-se aos ensaios das amostras sem revestimento e com revestimento respetivamente.

Tabela 21 - Coeficiente de permeabilidade das amostras sem revestimento aplicado.

ID do Provete	Tempo para percorrer 20cm [seg]	v [m ³ /s]	K [m ²]	K _{médio} [m ²]
V1	70,73	2,22E-09	2,38E-17	3,57 E-17
V2	51,17	3,07E-09	3,51E-17	
V3	36,67	4,28E-09	4,82E-17	
H1	34,23	4,59E-09	4,89E-17	5,15 E-17
H2	27,90	5,63E-09	6,46E-17	
H3	43,98	3,57E-09	4,11E-17	
S1	48,74	3,22E-09	3,54E-17	3,79 E-17
S2	65,61	2,39E-09	2,76E-17	
S3	35,39	4,44E-09	5,06E-17	

Através da Tabela 21 podemos verificar que os valores obtidos são semelhantes e muito pequenos, isto deve-se ao facto de a rocha de granito ser um material muito denso conferindo-lhe um coeficiente de permeabilidade muito pequeno. As pequenas diferenças entre os coeficientes obtidos, podem ser justificadas pelo facto de as amostras serem um material heterogéneo e poderem apresentar microfissuras naturais ou provocadas pela utilização das máquinas de corte para obter as dimensões desejadas.

Tabela 22 - Coeficiente de permeabilidade das amostras com revestimento aplicado.

ID do Provete	Tempo para percorrer 20cm [seg]	v [m ³ /s]	K [m ²]	K _{médio} [m ²]
V1	220,95	7,11E-10	7,63E-18	7,18E-18
V2	697,62	2,25E-10	2,58E-18	
V3	156,11	1,01E-09	1,13E-17	
H1	115,78	1,36E-09	1,45E-17	1,79E-17
H2	81,78	1,92E-09	2,20E-17	
H3	105,11	1,49E-09	1,72E-17	
S1	159,37	9,86E-10	1,08E-17	4,12E-18
S2	720000	2,18E-13	2,52E-21	
S3	1158,07	1,36E-10	1,55E-18	

Analisando os dados da Tabela 22 verificamos que houve um aumento significativo do tempo que o menisco demorou a percorrer os 20 cm dentro da pipeta após a aplicação dos revestimentos. De salientar que no provete S2, após se aguardar os 30 minutos iniciais para deixar o fluxo estabilizar, o menisco de sabão foi inserido na pipeta e aguardou-se novamente 30 minutos, no entanto não se registou nenhum deslocamento do menisco. A unidade mínima que a escala da pipeta mede é milímetros, assim como não se atingiu 1 milímetro ao longo dos 30 minutos, considerou-se que o menisco percorreu 0,5 mm durante esse tempo.

5. Discussão dos Resultados

Uma vez que estudar a permeabilidade ao radão dos produtos de revestimento é um dos principais objetivos deste trabalho, encontra-se na Tabela 23 os valores relativos à redução de concentração obtidos após a aplicação dos revestimentos nas amostras de granito.

Tabela 23 - Diferença das concentrações de radão com e sem revestimentos aplicados, 1ª e 2ª fase de ensaios respetivamente.

	Identificação do Provete	Concentração sem Revestimento [Bq/m ³]	Concentração com Revestimento [Bq/m ³]	Redução de concentração [Bq/m ³]	Redução de concentração [%]
Verniz	1	461	237	224	49%
	2	357	339	18	5%
	3	502	328	175	35%
Hidrofugante	4	254	501	-247	-97%
	5	578	286	292	51%
	6	423	293	130	31%
Silicone líquido	7	232	257	-25	-11%
	8	457	210	248	54%
	9	201	220	-19	-10%

Os valores negativos na tabela acima, significam que nesses casos houve um aumento da concentração de radão após a aplicação do revestimento. Analisando as reduções de concentração obtidas, verifica-se que dentro do mesmo tipo de revestimento existem alguns valores que não de acordo com os restantes, mais concretamente o provete 2 no caso do verniz, o 4 no hidrofugante e o 8 no silicone líquido, estes resultados anómalos podem ser fruto das diferenças de concentração obtidas em diferentes faces das amostras, uma vez que os detetores foram colocados junto a uma face aleatória durante os ensaios 1 e 2. Extraíndo 1 provete cujo resultado se destaque dos restantes para cada revestimento, ou seja, extraíndo os provetes 2, 4 e 8, obtém-se uma redução de 42% de concentração para o verniz, 41% para o hidrofugante e um aumento de 10% de concentração no caso do silicone. De acordo com este ensaio, o verniz e o hidrofugante reduzem a concentração de radão enquanto o silicone mostra ser permeável ao radão aumentado ainda ligeiramente a sua concentração. Um maior leque de amostras para cada revestimento teria resultado em valores finais mais sólidos, no entanto, uma vez que este trabalho teve varias etapas não foi possível focar todos os recursos num só em ensaio.

Na Tabela 24 é possível observar a diferença de concentrações obtida após aplicar o verniz em todas as faces da amostra 11, esta metodologia de ensaio é mais precisa que a anterior uma vez que nesta etapa foram identificadas e ensaiadas todas as faces da amostra.

Tabela 24 - Diferença entre as concentrações de radão com e sem verniz, 3ª e 4ª fase de ensaios respetivamente.

Identificação do ensaio (com verniz)	Concentração sem revestimento [Bq/m ³]	Concentração com revestimento [Bq/m ³]	Redução de concentração [Bq/m ³]	Redução de concentração [%]
Face A da amostra 11	242	113	129	53%
Face B da amostra 11	491	174	317	65%
Face C da amostra 11	416	65	351	84%
Face D da amostra 11	375	74	301	80%
Face E da amostra 11	182	81	101	55%
Face F da amostra 11	372	66	306	82%

Na 3ª fase de ensaios, é inegável que todos os detetores apresentaram concentrações de radão diferentes, sendo a diferença entre a concentração máxima e mínima de 308 Bq/m³ e o coeficiente de variação de 33%. Essa diferença entre concentrações é bastante considerável.

Na 4ª fase de ensaios as concentrações provenientes das várias faces mantêm-se diferentes, mas desta vez a diferença registada foi bem menor, sendo a diferença entre a concentração máxima e mínima de 109 Bq/m³ e o coeficiente de variação de 44% (uma gama de valores mais baixos faz aumentar o coeficiente de variação).

Analisando somente a prestação do verniz nos ensaios 1 e 2, e comparando com os resultados do ensaio 3 e 4, verificam-se algumas diferenças em termos de resultados. Comparando as médias das amostras dos ensaios 1 e 2 (para o caso do verniz) tem-se que:

Tabela 25 - Médias do 1º 2º ensaio.

	1º Ensaio			2º Ensaio			
Concentração de Radão [Bq/m ³]	461	357	502	237	339	328	Redução de concentração [%]
Média de concentrações [Bq/m ³]	440			301			32%

Comparando as médias dos ensaios 3 e 4, resulta:

Tabela 26 - Médias do 3º e 4º ensaio.

	3º Ensaio						4º Ensaio						
Conc. de Radão [Bq/m ³]	242	491	416	375	182	372	113	174	65	74	81	66	Redução [%]
Média de Conc. [Bq/m ³]	336						95						72%

Analisando os resultados referentes ao verniz, Tabela 25 e Tabela 26, conclui-se que na pior das hipóteses o verniz reduz apenas 32%, valor referente ao 1º e 2º ensaio, onde não houve um controlo da face onde o detetor foi colocado, enquanto que a hipótese mais otimista indica uma redução de 72% da concentração para o 3º e 4º ensaio, onde houve um controlo das faces sendo ainda colocado um detetor junto a cada face da amostra. Julga-se assim que o verniz consiga reduzir a concentração de radão entre 32 e 72%, apesar de serem valores um pouco diferentes, ambos apontam para um bom desempenho do verniz como barreira ao radão.

Na 5ª fase de ensaios, verificaram-se pequenas diferenças nos resultados dos detetores, presumivelmente a origem destas diferenças prende-se com erros de leitura associados ao software utilizado e inexatidão dos detetores CR39. O coeficiente de variação resultante do conjunto de detetores utilizados é de 9%, mostrando um nível de consistência de resultados elevado, sendo que a diferença entre as concentrações máxima e mínima registadas é de apenas 21 Bq/m³. A partir deste resultado conclui-se que as diferenças registadas com as metodologias anteriores se prendem com a escassez de volume de ar no meio onde ocorre a medição. A concentração média obtida foi de 93 Bq/m³, enquanto que para a mesma amostra foi obtida uma concentração de 332 Bq/m³ durante o 2º ensaio. Valores bem diferentes que mostram que os resultados obtidos através das metodologias anteriores estão sobrevalorizados. No 5º ensaio a concentração baixou 72%, possivelmente esta é a percentagem de sobrevalorização dos resultados provenientes das metodologias anteriores.

No ambiente interior do laboratório registou-se uma concentração de 131 Bq/m³, e no ensaio para testar a manga plástica registou-se um valor de 49 Bq/m³. Conclui-se assim que a manga plástica reduziu a concentração de radão em 62%, e que valor de fundo para os ensaios onde se utilizou a manga plástica é cerca de 49 Bq/m³.

Quanto ao ensaio da permeabilidade ao oxigénio, foram comparados os resultados obtidos antes e após a aplicação dos revestimentos. É possível observar as diferenças do coeficiente de permeabilidade ao oxigénio dos ensaios na Tabela 27. Não é possível definir um valor para o coeficiente de permeabilidade dos revestimentos, uma vez que o permeâmetro tal como o a

metodologia baseada da especificação do LNEC E 392-1993 presume que seja calculado o coeficiente de permeabilidade ao oxigénio de amostras de betão com determinadas dimensões. Sendo assim foi somente calculada a percentagem de redução do coeficiente de permeabilidade das amostras de granito devido à aplicação dos revestimentos. No fim da primeira fase de ensaios de permeabilidade (sem revestimentos) determinou-se o coeficiente de permeabilidade da amostra de granito, obtendo um valor médio de $3,19E-17 \text{ m}^2$.

Tabela 27 - Diferença obtida pela introdução de revestimentos.

ID do Provete	$K_{\text{sem revestimento}} [\text{m}^2]$	$K_{\text{com revestimento}} [\text{m}^2]$	Diferença de $K [\text{m}^2]$	Percentagem da diferença de K	Média da Percentagem da diferença
V1	2,38E-17	7,63E-18	1,62E-17	68%	79%
V2	3,51E-17	2,58E-18	3,26E-17	93%	
V3	4,82E-17	1,13E-17	3,69E-17	77%	
H1	4,89E-17	1,45E-17	3,45E-17	70%	65%
H2	6,46E-17	2,20E-17	4,26E-17	66%	
H3	4,11E-17	1,72E-17	2,39E-17	58%	
S1	3,54E-17	1,08E-17	2,46E-17	69%	89%
S2	2,76E-17	2,52E-21	2,76E-17	100%	
S3	5,06E-17	1,55E-18	4,90E-17	97%	

Todos os revestimentos provocaram um aumento significativo do tempo que o menisco de sabão necessitava para percorrer 20cm na pipeta. O que resultou numa diminuição do coeficiente de permeabilidade superior a 50% para ambos os revestimentos. O silicone foi o revestimento que apresentou um melhor desempenho com 89% de diminuição do coeficiente de permeabilidade, seguindo-se o verniz com 79% e o hidrofugante com 65%.

6. Proposta de um novo modelo de ensaio ao radão

De modo a colmatar as falhas identificadas no decorrer dos ensaios experimentais, nomeadamente a escassez de volume de ar e a obtenção de diferentes concentrações para cada face da amostra, decidiu-se desenvolver um novo modelo para realizar futuros ensaios de medição da concentração de radão. O modelo apresentado na Figura 42 consiste em construir duas caixas de acrílico com volumes iguais, caixas A e B.

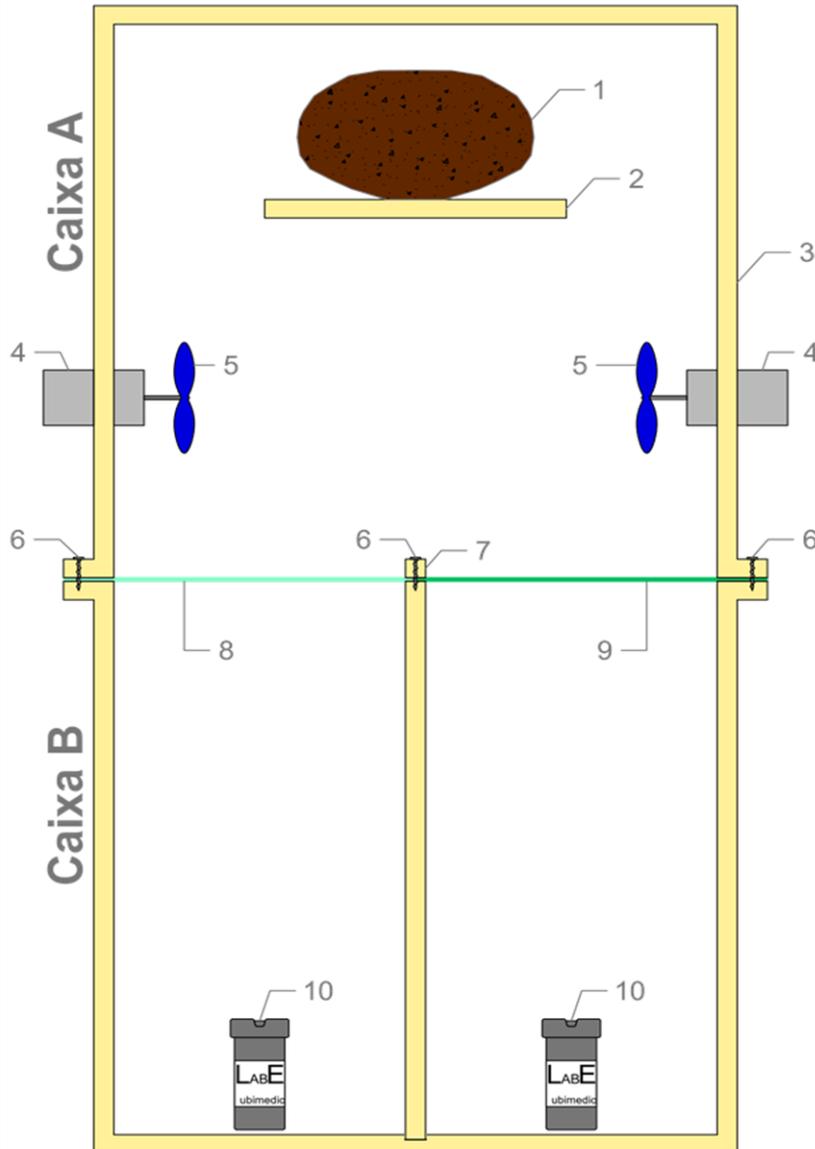


Figura 42 - Modelo de ensaio proposto.

Legenda da Figura 40:

- | | |
|-------------------------|---|
| 1- Fonte de radão; | 6- Parafusos; |
| 2- Suporte de acrílico; | 7- Fixador central; |
| 3- Caixa em acrílico; | 8- Papel de filtro; |
| 4- Motores; | 9- Papel de filtro com revestimento aplicado; |
| 5- Hélices; | 10- Detetores de radão. |

A caixa A localiza-se acima da caixa B e suporta a fonte de radão, bem como dois sistemas de ventilação interna. Entre as caixas coloca-se o papel de filtro e o revestimento pretendido aplicado sobre o mesmo. A fonte de radão é colocada na parte superior da caixa A, pois a densidade do Radão (^{222}Rn) relativamente à densidade do ar, faz com que o gás se acumule na zona inferior, tentando atravessar o papel de filtro com o revestimento aplicado.

O modelo proposto permite adaptar-se à execução de dois métodos de ensaio diferentes, uma vez que a caixa B pode ser dividida em duas secções com o mesmo volume. Num dos ensaios, são utilizados detetores passivos (uma vez que estes são mais baratos e mais simples de utilizar) estudando somente a diferença entre concentrações obtida, o outro ensaio visa a utilização de detetores ativos para obter o gráfico das concentrações ao longo do tempo e poder calcular o coeficiente de difusão do radão.

6.1. Com detetores passivos

No ensaio com detetores passivos, deve ser utilizado o separador central na caixa B. Como a emissão de radão não é uniforme por parte da fonte em todas as suas faces, decidiu-se colocar um sistema para homogeneizar o fluxo de ar dentro da caixa A, evitando assim que algum compartimento da caixa B esteja mais exposto ao contacto com o radão, e que a posição da fonte no suporte possa influenciar o ensaio.

Entre as caixas A e B será colocada uma folha de papel de filtro com auxílio das juntas entre as caixas e do fixador central, para a fixar. Posteriormente unem-se as duas caixas com ajuda dos parafusos. Na área do papel de filtro, relativa a um dos compartimentos da caixa B, deverá ser aplicado o revestimento líquido que se pretende ensaiar. O papel de filtro deverá ser substituído por um novo em cada ensaio realizado de modo a evitar possíveis acumulações de descendentes diretos do radão.

Dentro de cada compartimento da caixa B, deverá ser colocado um detetor passivo para posteriormente se compararem os resultados obtidos por estes, e estudar a permeabilidade do material à passagem do radão.

6.2. Detetores ativos

Com a finalidade de obter um gráfico das concentrações de radão ao longo do tempo, e para posteriormente calcular o coeficiente de difusão ao radão, devem ser utilizados detetores ativos. Para este estudo é utilizado o mesmo modelo apresentado anteriormente na Figura 42, sem utilizar o separador central. Este é somente encaixado na ranhura da caixa B, o que permite a sua remoção, tal como é possível observar na Figura 43. Assim após remover o

separador central será possível introduzir um detetor ativo em cada uma das caixas controlando a concentração de radão ao longo do tempo. Para este procedimento, o revestimento deverá ser aplicado no papel de filtro cobrindo toda a sua extensão. Com base nos modelos de ensaios utilizados na metodologia de por Jiránek, M et al. [40], não é necessário utilizar ventilação para este tipo de ensaio.

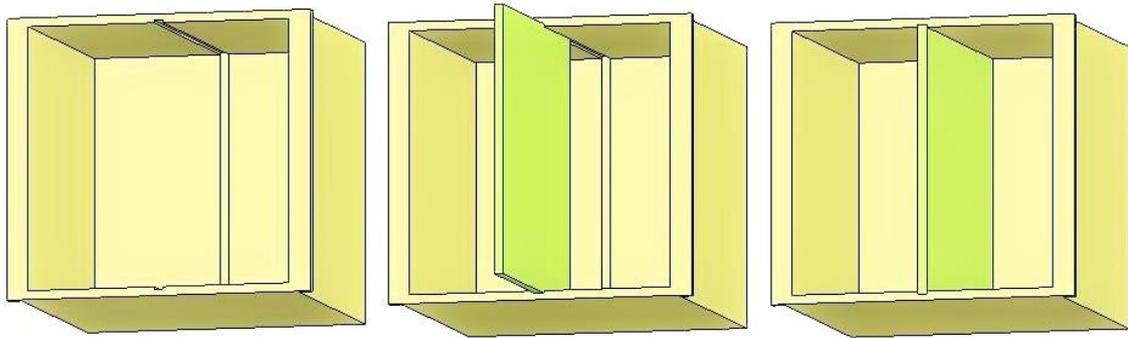


Figura 43 - Esquema de encaixe do separador central na caixa B.

Para este ensaio é possível utilizar os 3 métodos mais conhecidos para determinar o coeficiente de difusão do radão, já apresentados anteriormente no subcapítulo 2.7. Na Figura 44 e Figura 45 são reapresentados estes métodos.

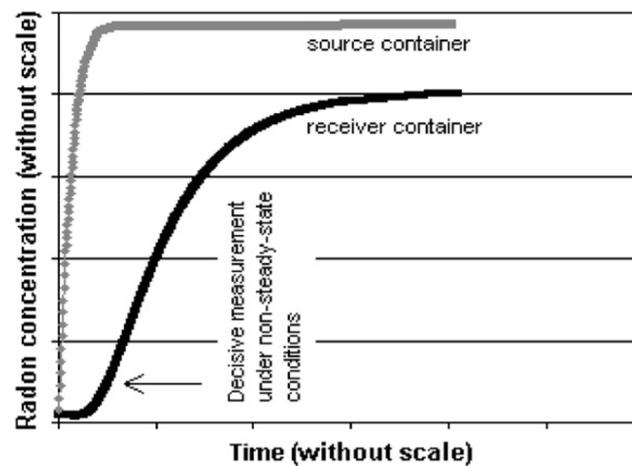


Figura 44 - Método A, sob condições não estacionárias. [34]

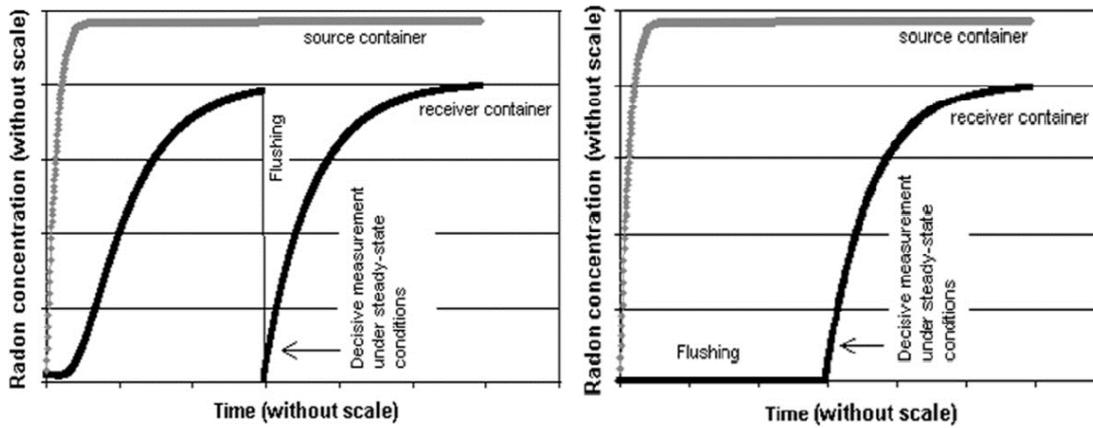


Figura 45 - Métodos B e C sob condições estacionárias. [34]

No método A, sob condições não estacionárias, começa-se a medir os resultados desde que a fonte de radão é colocada no suporte e que as caixas são fechadas. No Método B é colocada a fonte de radão e fecham-se as caixas até a concentração de radão estabilizar. Posteriormente ventila-se a caixa B e volta-se a fechar medindo-se de novo a concentração de radão ao longo do tempo. No método C, a fonte de radão é posicionada e fecha-se a caixa A somente com as barreiras ao radão. Quando a concentração de radão estabilizar, fecham-se ambas as caixas e recomeça-se a medição da concentração de radão ao longo do tempo.

7. Conclusão

O trabalho laboratorial desenvolvido baseia as suas conclusões em dois tipos de ensaios distintos, a permeabilidade ao oxigénio dos diferentes materiais analisados e nos níveis de concentração de radão provenientes de uma fonte de radiação natural.

Ao realizar o ensaio de permeabilidade ao oxigénio das amostras de granito foi possível concluir que estas apresentam um coeficiente de permeabilidade ao oxigénio muito reduzido. Sendo o radão um gás tal como o oxigénio, podem ser feitas algumas comparações entre os seus coeficientes de difusão. As membranas anti radão têm um valor do coeficiente de difusão ao radão que normalmente varia entre 10^{-8} e 10^{-15} m²/s, e as amostras de granito apresentaram um valor para o coeficiente de permeabilidade ao oxigénio de aproximadamente 10^{-17} m². Estes são coeficientes diferentes uma vez que se baseiam na utilização de gases distintos que podem ter um comportamento diferente ao atravessar o material, ainda assim é possível afirmar que a rocha de granito apresenta um coeficiente de permeabilidade ao oxigénio bastante baixo. Uma vez que a libertação do radão para o exterior depende da permeabilidade dos solos e das rochas, o granito analisado dificulta a passagem do radão para o exterior, no entanto pelo facto de ser granítica é um dos tipos de rochas que produz mais radão. São as fissuras e a permeabilidade das rochas e solos que permitem que o radão se desloque até ao interior dos edifícios.

O ensaio da permeabilidade ao oxigénio, torna possível a avaliação dos revestimentos utilizados como barreira ao oxigénio, ajudando a prever o seu comportamento como barreira ao radão. Com base nos resultados obtidos, o silicone foi o que apresentou melhores resultados, reduzindo o coeficiente de permeabilidade ao oxigénio em 89%, de seguida foi o verniz com uma redução 79% e por fim o hidrofugante que reduziu em 65% o coeficiente de permeabilidade ao oxigénio.

No ensaio relativo à concentração de radão proveniente das amostras de granito, julgou-se ser benéfico retirar um provete do conjunto de amostras de cada revestimento para efeitos de análise. Assim retirando os provetes que cujos resultados mais se afastam da media do conjunto, resultou que o verniz tal como o hidrofugante reduzem a concentração de radão em cerca de 50%, enquanto que o silicone não atua como barreira ao radão. Uma vez que frequentemente se aconselha a utilização de silicone para tapar fissuras com o objetivo de impedir a entrada de radão no ambiente interior, é importante que se realizem futuramente mais estudos à cerca da permeabilidade deste material ao radão. Pois se eventualmente os dados obtidos forem corretos, o silicone está a ser utilizado com um fim para o qual não apresenta resultados positivos. No entanto é necessário salientar que, de entre os tipos de revestimentos utilizados, os estudos decorreram com base em um só produto de um dado fornecedor, assim é de igual modo necessário executar novos ensaios utilizando produtos de

vários fabricantes para cada tipo de revestimento, podendo assim classificar os revestimentos de um modo mais generalista.

Através do ensaio onde foram medidas as concentrações provenientes de cada face da amostra, foi possível entender que método de ensaio utilizado não foi o indicado uma vez os detetores apresentaram resultados muito diferentes dependendo da face onde foram colocados. Foi com os resultados provenientes do 5º ensaio onde se recorreu a um recipiente de acrílico, que se pôde confirmar algumas falhas características da metodologia utilizada nas primeiras etapas, concretamente nas fases 1 e 2. Daí resulta que os ensaios devem decorrer dentro de um meio com um volume de ar suficiente, de forma a não estar tão próximos das fontes ainda para mais com um volume de ar quase nulo. Verificou-se assim que a diferença dos detetores não se deve à localização destes em relação à amostra, mas sim em relação ao volume de ar do ensaio.

Após concluir a inviabilidade dessa metodologia para testes futuros, foi projetado um novo modelo de ensaio, que teve em conta todos os problemas que surgiram ao longo dos ensaios na tentativa de suprimi-los por completo. Será importante voltar a estudar a permeabilidade a estes materiais com o novo modelo de ensaio, bem como estudar o mesmo tipo de revestimento proveniente de diferentes fabricantes para se obter um leque de amostras que torne possível caracterizar os revestimentos quanto à permeabilidade ao radão de um modo mais genérico.

O verniz tal como o hidrofugante foram os materiais que mantiveram coerência em ambos os ensaios de permeabilidade ao oxigénio e ao radão, o verniz foi submetido a um ensaio extra (ao radão) em relação aos outros materiais, devido a falta de tempo não foi possível realizar o mesmo ensaio para os restantes revestimentos, uma vez que a duração dos ensaios para medir a concentração de radão é bastante longa.

O silicone apresentou bons resultados na permeabilidade ao oxigénio, sendo o material que nesse ensaio mostrou o melhor desempenho, no entanto o mesmo não aconteceu no ensaio ao radão. A explicação do sucedido pode dever-se a erros de execução dos ensaios realizados ou ao simples facto do oxigénio e do radão não circularem com a mesma facilidade dentro de um corpo de silicone, ou seja, o silicone poderá ser bom como barreira ao oxigénio, mas não apresentar resultados positivos como barreira ao radão. A ligação entre o revestimento e a amostra de granito pode também ser a razão destes resultados. As amostras de granito utilizadas, têm faces lisas que dificultam a ligação do silicone à superfície das amostras, a densidade e viscosidade deste material também contribuem para uma difícil ligação a este tipo de superfícies, ao contrário do hidrofugante e do verniz que têm uma ligação mais coesa com a face das amostras.

Referências Bibliográficas

- [1] “Qualidade do Ar em Espaços Interiores - Um Guia Técnico,” *Agência Port. do Ambient. Laboratório Ref. do Ambient.*, no. Março, 2009.
- [2] UNSCEAR, “SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION,” *United Nations Sci. Comm. Eff. At. Radiat.*, vol. I, 2000.
- [3] World Health Organization, “WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective,” 2009.
- [4] U. Europeia, “DIRETIVA 2013/59/EURATOM DO CONSELHO,” *J. Of. da União Eur.*, no. 5 de Dezembro, 2013.
- [5] Instituto Tecnológico e Nuclear - Departamento de Proteção Radiológica e Segurança Nuclear, “Radão - Um gás radioactivo de origem natural,” *Lisboa Inst. Super. Técnico - Univ. Lisboa*.
- [6] V. P. Freitas, A. Guimarães, C. Ferreira, and S. Alves, “Edifícios existentes, medida de melhoria de desempenho energético e da qualidade do ar interior,” *ADENE*.
- [7] L. Quindós Poncela, “Radon: Un gas radioactivo de Origen Natural en su Casa,” *Cons. Segur. Nucl. Cátedra Física Médica - Univ. Cantab.*, p. 44, 1995.
- [8] Laboratorio de Análisis de Radiaciones, “Información general sobre el gas radón (^{222}Rn),” *Departamento de Física de Partículas, Universidade de Santiago de Compostela*. [Online]. Available: http://igfae.usc.es/lar/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=9&lang=es. [Accessed: 01-Jul-2017].
- [9] C. Richard Cothorn and J. E. Smith, “Environmental Radon,” *United States Environ. Prot. Agency*, vol. 35, no. 30 de Novembro, p. 363, 1987.
- [10] F. S. Pombar, “Contribuição para o Conhecimento da Contaminação de Solos Resultante da Laboração da Indústria Extractiva Mineira,” *Univ. da Beira Inter. Covilhã*, no. Outubro, 2011.
- [11] A. R. Louro, “Da Temática do Radão na região da Guarda à construção de um modelo microdosimétrico - Caso particular do Acino pulmonar humano,” *Univ. da Beira Inter. Covilhã*, no. Março, 2013.
- [12] EPA, “Health Risk of Radon,” *United States Environmental Protection Agency*. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/radon/health-risk-radon>. [Accessed: 01-Jul-2017].
- [13] LUSORADON, “Radão e a Saúde.” [Online]. Available: <https://www.lusoradon.com/efeitos-na-sade>. [Accessed: 15-Jul-2017].

- [14] W. H. Organization, “Radon and health,” 2016. [Online]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs291/en/>. [Accessed: 05-Aug-2017].
- [15] A. I. B. Lopes, “Qualidade do Ar Interior em Ambiente Hospitalar,” *Inst. Politécnico Viana do Castelo*, no. Setembro, pp. 1-134, 2016.
- [16] L. Gue, “Revisiting Canada’s Radon Guideline,” *David Suzuki Found.*, no. Abril, 2015.
- [17] C. Silva, “Reabilitação de Edifícios Multifamiliares das décadas de 50, 60 e 70,” *Univ. da Beira Inter. Covilhã*, no. Outubro, 2013.
- [18] INE, “Estatísticas da Construção e Habitação 2015,” *Inst. Nac. Estatística*, 2016.
- [19] M. da C. Faisca, “RADIOPROTEÇÃO, Exposição da População ao Radão,” *Soc. Port. Protecção Contra Radiações*, vol. 1, 1996.
- [20] M. S. Chandrashekar, J. Sannappa, and L. Paramesh, “Studies on atmospheric electrical conductivity related to radon and its progeny concentrations in the lower atmosphere at Mysore,” *Atmos. Environ.*, vol. 40, no. 1, pp. 87-95, 2006.
- [21] D. Henshaw and G. Camplin, “Tastrak: Teacher’s Notes.” [Online]. Available: <http://www.camplin.talktalk.net/Tastrak/TNotes/Images/Chap2/Pic1.jpg>. [Accessed: 08-Sep-2017].
- [22] B. Collignan, “Le radon dans les bâtiments. Principes des solutions - Intégration dans les bâtiments neufs et existants,” *Cent. Sci. Tech. du Bâtiment*, no. 19 de Outubro, 2004.
- [23] F. Lemos, “Contribuição das Tintas para a Concentração de Radão em Interiores Versão Final,” *Univ. da Beira Inter. Covilhã*, no. Outubro, 2016.
- [24] Dan, “Radon Mitigation Systems Questions,” *11 de Abril*, 2013. [Online]. Available: <http://ecotechllc.com/radon-mitigation-systems/>. [Accessed: 12-Sep-2017].
- [25] D. B. Henchel, “Radon reduction techniques for existing detached houses : technical guidance (third edition) for active soil depression systems,” *Environ. Prot. Agency, Res. Triangle Park. NC. Air Pollut. Prev. Control Div.*, vol. 625R93011, p. 334, 1993.
- [26] “Parede de granito,” *Casa Cor SC*. [Online]. Available: http://www.tintasrenner-deco.com.br/public/upload/blog_uploads/livingbar.jpeg. [Accessed: 15-Aug-2017].
- [27] CIN, “Boletim técnico - BETOCRYL,” *Corporação Ind. Do Norte, S.A.*, no. Outubro, 2014.
- [28] S. A. CIN - Corporação Industrial Do Norte, “BETOCRYL.” [Online]. Available: <http://www.cin.pt/portal/portal/user/anon/page/externalprodutos.psm?categoryOID=AB818080806281GC&contentid=&nl=pt>. [Accessed: 20-Aug-2017].
- [29] S. A. Aquastop, CIN - Corporação Industrial Do Norte, “HIDRO SB FACHADAS,” no. 0, 2016.

- [30] S. A. Aquastop, CIN - Corporação Industrial Do Norte, "HIDRO SB FACHADAS." [Online]. Available:
<http://www.cin.pt/portal/portal/user/anon/page/externalprodutos.psm?categoryOID=998D8080808380GC&contentid=508B808A80CO?contentid=508B808A80CO&categoryOID=998D8080808380GC&nl=pt&findcategory=1>. [Accessed: 20-Aug-2017].
- [31] Henkel, "SILICONE LÍQUIDO ® SL3000," *Rubson*, no. Maio, pp. 1-5, 2011.
- [32] Henkel, "Rubson SL3000," *Leroy Merlin*. [Online]. Available:
<http://www.leroymerlin.pt/Site/Produtos/Pintura-e-drogaria/Isolamento-e-impermeabilizacao/Silicones/15628683.aspx>. [Accessed: 20-Aug-2017].
- [33] P. L. Alemparte, "CARACTERIZACIÓN DEL HORMIGÓN EN RELACIÓN A LA DIFUSIÓN DE GASES Y SU CORRELACIÓN CON EL RADÓN," *Univ. Politécnica Madrid - Esc. Técnica Super. Arquít.*, 2015.
- [34] M. Jiránek and K. Rovenská, "Basic principles for the development of a common standardised method for determining the radon diffusion coefficient in waterproofing materials," *Appl. Radiat. Isot.*, vol. 70, no. 4, pp. 752-757, 2012.
- [35] J. Monteiro, "Aplicação da Legislação 79 / 2006 de Qualidade do Ar Interior no que concerne ao Radão : Caso de Estudo de alguns materiais de construção correntes," *Univ. da Beira Inter. Covilhã*, no. Junho, 2014.
- [36] A. N. Pontes, "Técnicas Experimentais, Detectores de Radiação," no. 24 de Janeiro, 2010.
- [37] P. Soares, "Determinação da Concentração de Radão num Estabelecimento de Ensino Público," *Univ. da Beira Inter. Covilhã*, no. Outubro, 2011.
- [38] LNEC, "Determinação da Permeabilidade ao Oxigénio," vol. Especifica, no. Betões, 1993.
- [39] M. M. Lopes, "Análise do comportamento de materiais de revestimento como barreiras de Radão .," 2015.
- [40] M. Jiránek and J. Hůlka, "RADON DIFFUSION COEFFICIENT IN RADON-PROOF MEMBRANES □ DETERMINATION AND APPLICABILITY FOR THE DESIGN OF RADON BARRIERS," vol. 1, no. 4, pp. 149-155, 2000.

Anexos

Ficha técnica do verniz



CIN - CORPORAÇÃO INDUSTRIAL DO NORTE, S.A.

BOLETIM TÉCNICO

Revisão: Outubro 2014

12-560 BETOCRYL

- Cheiro imperceptível
- Secagem rápida
- Realça a textura dos suportes
- Boa resistência à intempérie
- Película resistente ao desenvolvimento de fungos e algas

1 DESCRIÇÃO

Verniz acrílico aquoso.

2 USOS TÍPICOS

Embelezamento do betão em exterior, podendo aplicar-se também noutros suportes tais como pedras, cantarias e tijolos.

3 CERTIFICADOS/ENSAIOS

Reacção ao Fogo (NF P 92-501 e NF P 92-507):	M1
--	----

4 CARACTERÍSTICAS

Acabamento:	Acetinado
Cor:	Incolor, verde, castanho e cinzento
Substrato:	Betão, pedras, cantarias e tijolo
Rendimento prático:	10 - 16 m ² /L por demão (dependendo do tipo de suporte e condições de aplicação)
Processo de aplicação:	Rolo anti-gota, trincha, pistola convencional e airless
Tempo secagem: (a 20 °C e 60 % de humidade relativa)	Superficial – 10 a 15 minutos Repintura – 1 hora
COV (Compostos Orgânicos Voláteis):	Valor limite da UE para este produto (cat A/c): 40 g/L. Este produto contém no máx. 40 g/L COV. (O valor de COV acima referido diz respeito ao produto pronto a aplicar tintado, diluído, etc., com produtos por nós recomendados. Não nos responsabilizamos por produtos obtidos por misturas com produtos diferentes dos por nós recomendados, e chamamos a atenção para a responsabilidade que qualquer agente ao longo da cadeia de fornecimento incorre ao infringir o que a Directiva 2004/42/CE determina.)
Estabilidade em armazém:	3 anos quando armazenada nas embalagens de origem, em interior, entre 5 e 40 °C

5 DADOS DE APLICAÇÃO

5.1 PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE

Suportes novos: A superfície deve apresentar-se seca, isenta de gorduras, poeiras e outros contaminantes. Superfícies em betão onde se verifique a presença leitada, devem ser previamente tratadas com uma solução a 5% de ácido clorídrico. Em seguida, efectuar uma lavagem com água limpa.

Suportes anteriormente envernizados: Para conseguir obter aderência do Betocryl ao produto existente, efectuar um despolimento com lixa fina, seguido de lavagem com jacto de água sob pressão.

Suportes contaminados com fungos e algas: Efectuar tratamento prévio com Descontaminante Artibiose Plus (ref. 17-665).

5.2 CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Temperatura ambiente:	Superior a 5 °C
Humidade relativa:	Inferior a 80 %
Temperatura do suporte:	2 a 3 °C acima do ponto de orvalho. Não aplicar em suportes muito quentes por exposição ao sol.
Humidade do suporte:	Inferior a 4% (com medidor tipo "Tramex")

5.3 CARACTERÍSTICAS DE APLICAÇÃO

Preparação do produto:	Agitar até homogeneização completa
Diluição:	Produto pronto a aplicar
Aplicação:	Aplicar duas a três demãos de Betocryl. No caso da aplicação com pistola convencional, recomenda-se o bico de 2,2 mm de diâmetro.



6 OBSERVAÇÕES

- 1- A presença de humidade no suporte afecta a cor do Betocryl principalmente onde há sobrecamada do produto, podendo aparecer zonas com tonalidade esbranquiçada que recuperam após a evaporação da água.
- 2- Ter em atenção a selecção da cor do Betocryl, quando se pretender aplicar sobre vernizes coloridos.
- 3- O verniz incolor praticamente não altera a cor do suporte.

7 SEGURANÇA, SAÚDE E AMBIENTE

Em geral evite o contacto com os olhos e a pele, use luvas, óculos de protecção e vestuário apropriado. Manter fora do alcance das crianças. Utilizar somente em locais bem ventilados. Não deitar os resíduos no esgoto. Conserve a embalagem bem fechada e em local apropriado. Assegure o transporte adequado do produto; previna qualquer acidente ou incidente que possa ocorrer durante o transporte nomeadamente a ruptura ou deterioração da embalagem. Mantenha a embalagem em local seguro e em posição correcta. Não utilize nem armazene o produto em condições extremas de temperatura. Deverá ter sempre em conta a legislação em vigor relativa a Ambiente, Higiene, Saúde e Segurança no trabalho. Para mais informações a leitura do rótulo da embalagem e da Ficha de Segurança do produto são fundamentais.

É aconselhável verificar periodicamente o estado de actualização do presente Boletim Técnico. A CIN assegura a conformidade dos seus produtos com as especificações constantes dos respectivos boletins técnicos. Os conselhos técnicos prestados pela CIN, antes ou depois da entrega dos produtos, são meramente indicativos, dados de boa-fé e constituem o seu melhor conhecimento, atento o estado actual da técnica, não podendo, em caso algum, responsabilizá-la. As reclamações apenas serão aceites relativamente a defeitos de fabrico ou não conformidades com a nota de encomenda. A única obrigação que incumbe à CIN será, respectivamente, a substituição ou devolução do preço já pago da mercadoria reconhecidamente defeituosa ou de reposição da encomenda, não aceitando outras responsabilidades por quaisquer outras perdas ou danos. Todas as nossas vendas estão sujeitas às nossas condições gerais de venda, cuja leitura aconselhamos.

CIN - Corporação Industrial do Norte, S.A. • Av de Dom Mendo, nº 831 • Ap 1008 • 4471-909 Maia • Portugal • T +351 229 405 000 • customerservice@cin.pt • Capital Social € 25.000.000 • C.R.C. da Maia /NIPC: 500 076 936
Tintas Cin Angola, S.A. • R. Pedro Álvares Cabral, nº21 • Cx Postal 788 • Benguela • Angola • T +244 222 397 527 • kin@cingola.co.ao • Cap.Soc. 10.000.320,00 Kz • Contrib. 5403076425 • C.R.C. Benguela nº 4.601, lts. 62, Livº E-22
Tintas Cin de Moçambique, SARL • Av 24 de Julho, n.º. 3736 • Maputo • Moçambique • T +258 21 409 167 • cinmoçambique@tvcabo.co.mz • Cap. Soc. 2.000.000,00 MT • NUTT 400006857 • C.R.C. Maputo nº 5.165, lts. 11, Livº C-14
Barnices Valentine, S.A.U. • P. I. Can Milans • Riera Seca, 1 • 08110 Montcada i Reixac • España • T +34 935 656 600 • valentine@valentine.es • C. Soc. € 10.000.000 • NIF A-61356713 • Reg. M Barcelona, T 36446, F 106, H B-160105, lns 41
Pinturas CIN Canarias, S.A.U. • P. L.Güimar, Manzana 13, Parcela 2 • 38509 Güimar • Tenerife • T +34 902 422 428 • adientes@cincanarias.com • C. Soc. € 1.804.000 • CIF A38453817 • Reg. M. Sta Cruz Tenerife, T 1483, F 149, H TF-15033
Celliose Coatings, S.A. (Division Artilin) • Chemin de la Venerie • BP 58 • 69492 Pierre Bénite Cedex • France • T +33 (0) 553 875 165 • artilin@artilin.fr • C. Soc. € 2.215.755 • NIF FR07775643976 • RCS de Lyon B 775 643 976

Ficha técnica do Hidrofugante



BOLETIM TÉCNICO

17-620 HIDRO SB FACHADAS

Revisão: Fevereiro 2016

- Hidrofugante para superfícies verticais
- Evita a deposição de sujidade
- Evita os danos causados pela congelação de água absorvida pelo suporte
- Impede a penetração de humidade

1 DESCRIÇÃO

Hidrofugante de silicone base solvente.

2 USOS TÍPICOS

Recomendado para impermeabilização de materiais porosos e não fissurados em fachadas, impedindo a entrada de água e protegendo-os contra as agressões climáticas.

3 CARACTERÍSTICAS

Acabamento:	Transparente
Cor:	Incolor
Substrato:	Suportes porosos
Rendimento prático:	1 a 4 m ² /L por demão (Dependendo do tipo de suporte e condições de aplicação)
Processo de aplicação:	Trincha ou pulverizador
Tempo secagem: (a 20 °C e 60 % de humidade relativa)	Cerca 2 horas (Variável segundo a temperatura, o teor de humidade e a ventilação)
Estabilidade em armazém:	5 anos quando armazenada nas embalagens de origem, em interior, entre 5 e 40 °C

4 DADOS DE APLICAÇÃO

4.1 PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE

Os suportes devem ser porosos, apresentar-se bem aderentes, são, secos e limpos. Lixar, escovar e retirar poeiras ou outros contaminantes. Eliminar algas, musgos e bolores com Descontaminante Artibiose Plus (ref. 17-665). O suporte a impregnar deve estar bem seco numa profundidade de cerca de 5 mm.

4.2 CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Temperatura ambiente:	Superior a 5 °C
Humidade relativa:	Inferior a 80 %
Temperatura do suporte:	2 a 3 °C acima do ponto de orvalho. Não aplicar a tinta sobre suportes muito quentes por exposição ao sol, nem com chuva ou vento forte.

4.3 CARACTERÍSTICAS DE APLICAÇÃO

Preparação do produto:	Agitar até homogeneização completa
Diluição	Produto pronto a aplicar
Aplicação:	Aplicar Hidro SB Fachadas numa só camada até saturação do suporte, sem deixar escorrer sobre superfícies já tratadas. Evitar camadas espessas para que os materiais não fiquem esbranquiçados. Em caso de dúvida, fazer um ensaio de compatibilidade com o suporte. Este produto deve ser sempre aplicado em paredes verticais.

5 OBSERVAÇÃO

Dado que este produto é baseado em silicões, recomenda-se que durante a sua aplicação se evite a contaminação de zonas adjacentes (em metal, madeira e vidro), pois poderá dificultar a sua limpeza ou causar problemas na sua posterior pintura.

1 / 2

Aquastop é uma marca registada da CIN, S.A.

É aconselhável verificar periodicamente o estado de atualização do presente Boletim Técnico. A CIN assegura a conformidade dos seus produtos com as especificações constantes dos respectivos boletins técnicos. Os conselhos técnicos prestados pela CIN, antes ou depois da entrega dos produtos, são meramente indicativos, dados de boa-fé e constituem o seu melhor conhecimento, atento o estado actual da técnica, não podendo, em caso algum, responsabilizá-la. As reclamações apenas serão aceites relativamente a defeitos de fabrico ou não conformidades com a nota de encomenda. A única obrigação que incumbe à CIN será, respectivamente, a substituição ou devolução do preço já pago da mercadoria reconhecidamente defeituosa ou de reposição da encomenda, não aceitando outras responsabilidades por quaisquer outras perdas ou danos. Todas as nossas vendas estão sujeitas às nossas condições gerais de venda, cuja leitura aconselhamos.

CIN - Corporação Industrial do Norte, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 831 (antes EN13 km6) - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social € 25.000.000 - C.R.C. da Maia / NIPC: 500 076 936
 CIN Industrial Coatings, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 330 - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social € 2.250.000 - C. R. C. da Maia / NIPC: 504 160 583
 Tintas Cin Angola, S.A. - R. Pedro Álvares Cabral, nº 21 - Cx Postal 708 - Benguela - Angola - T +244 222 397 527 - tin@cinangola.co.ao - Cap.Soc. 10.000.000,00 Kz - Contrib. 540/3076425 - C.R.C. Benguela nº 4.601, lts. 62, Lixº E-22
 Tintas Cin de Moçambique, S.A. - Av. das Indústrias, 2507 - Machava - Moçambique - T +258 21 749 012 - geral@cin.co.mz - Cap. Soc. 2.000.000,00 MT - NUIT 400006857 - C.R.C. Maputo nº 5.165, lts. 11, Lixº C-14
 CIN Valentine, S.A.U. - P. I. Can Milans - Riera Seca, 1 - 08110 Montcada i Reixac - Espanha - T +34 93 565 66 00 - customerservice.es@cin.com - C. Soc. € 10.000.000 - CIF A-61356719 - Reg. M. Barcelona, T.44576, F.11, H.B-160105, L.59º
 Pinturas CIN Canarias, S.A.U. - P. I. Güimar, Manzana 13, Parcela 2 - 38509 Güimar - Tenerife - T +34 902 422 428 - adientes@cincanarias.com - C. Soc. € 1.804.000 - CIF A38453817 - Reg. M. Sta Cruz Tenerife, T.1483, F.149, H.TF-19033
 Cellulose Coatings, S.A. - Chemin de la Verrière - BP 58 - 69492 Pierre Bénite Cedex - France - T +33 (0) 4 72 39 77 77 - customerservice.fr@cin.com - C. Soc. € 2.215.755 - TVA FR07775643976 - RCS de Lyon B 775 643 976



6 SEGURANÇA, SAÚDE E AMBIENTE

Em geral evite o contacto com os olhos e a pele, use luvas, óculos de protecção e vestuário apropriado. Manter fora do alcance das crianças. Utilizar somente em locais bem ventilados. Não deitar os resíduos no esgoto. Conserve a embalagem bem fechada e em local apropriado. Assegure o transporte adequado do produto; previna qualquer acidente ou incidente que possa ocorrer durante o transporte nomeadamente a ruptura ou deterioração da embalagem. Mantenha a embalagem em local seguro e em posição correcta. Não utilize nem armazene o produto em condições extremas de temperatura. Deverá ter sempre em conta a legislação em vigor relativa a Ambiente, Higiene, Saúde e Segurança no trabalho. Para mais informações a leitura do rótulo da embalagem e da Ficha de Segurança do produto são fundamentais.

Aquastop é uma marca registada da CIN, S.A.

2 / 2

É aconselhável verificar periodicamente o estado de actualização do presente Boletim Técnico. A CIN assegura a conformidade dos seus produtos com as especificações constantes dos respectivos boletins técnicos. Os conselhos técnicos prestados pela CIN, antes ou depois da entrega dos produtos, são meramente indicativos, dados de boa-fé e constituem o seu melhor conhecimento, atento o estado actual da técnica, não podendo, em caso algum, responsabilizá-la. As reclamações apenas serão aceites relativamente a defeitos de fabrico ou não conformidades com a nota de encomenda. A única obrigação que incumbe à CIN será, respectivamente, a substituição ou devolução do preço já pago da mercadoria reconhecidamente defeituosa ou de reposição da encomenda, não aceitando outras responsabilidades por quaisquer outras perdas ou danos. Todas as nossas vendas estão sujeitas às nossas condições gerais de venda, cuja leitura aconselhamos.

CIN - Corporação Industrial do Norte, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 831 (antes EN13 km6) - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social € 25.000.000 - C.R.C. da Maia / NIPC: 500 076 936
CIN Industrial Coatings, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 330 - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social € 2.250.000 - C. R. C. da Maia / NIPC: 504 160 583
Tintas Cin Angola, S.A. - R. Pedro Álvares Cabral, nº 21 - Cx Postal 788 - Benguela - Angola - T +244 222 397 527 - tcin@cinangola.co.ao - Cap.Soc. 10.000.320,00 Kz - Contrib. 5403076425 - C.R.C. Benguela nº 4.601, lts. 62, Lvlº E-22
Tintas Cin de Moçambique, S.A. - Av. das Indústrias, 2507 - Machava - Moçambique - T +258 21 748 012 - geral@cin.co.mz - Cap. Soc. 2.000.000,00 MT - NUIT 400006857 - C.R.C. Maputo nº 5.165, lts. 11, Lvlº C-14
CIN Valentine, S.A.U. - P. I. Can Milans - Riera Seca, 1 - 08110 Montcada i Reixac - España - T +34 93 565 66 00 - customerservice.es@cin.com - C. Soc. € 10.000.000 - CIF A-61356713 - Reg. M. Barcelona, T 44576, F 11, H B-160105, L 59º
Pinturas CIN Canarias, S.A.U. - P. I. Güimar, Manzana 13, Parcela 2 - 38509 Güimar - Tenerife - T +34 902 422 428 - clientes@cincanarias.com - C. Soc. € 1.804.000 - CIF A38453817 - Reg. M. Sta Cruz Tenerife, T 1483, F 149, H TF-15033
Celliose Coatings, S.A. - Chemin de la Verrière - BP 56 - 69492 Pierre Bénite Cedex - France - T +33 (0) 4 72 39 77 77 - customerservice.fr@cin.com - C. Soc. € 2.215.755 - TVA FR07775643076 - RCS de Lyon B 775 643 976

Ficha técnica do silicone líquido



SILICONE LÍQUIDO® SL3000

Ficha Técnica
Versão: 05/2011

Revestimento Estanque Universal, Tecnologia Exclusiva “SilicoTec®”

Tipo de produto: Revestimento líquido baseado na tecnologia **SilicoTec®**, exclusiva da Henkel. Produto 100% silicone em base aquosa para a impermeabilização e reparação de coberturas. Pronto a aplicar.

Certificado como produto para a impermeabilização de coberturas de acordo com a “Aprovação Técnica Europeia” ETAG 005.

Campo de aplicação:

Impermeabilização e protecção de:

- Coberturas planas e inclinadas.
- Algerozes.
- Terraços.
- Telas asfálticas.
- Uniões em chaminés, clarabóias e saídas de ventilação.

Especialmente indicado para reconstrução e reparação de fugas, ligações entre telhados e locais de entrada de canalizações.

Também indicado para telhados sem inclinação se for aplicado com uma espessura em húmido de pelo menos 2 mm.

Propriedades:

- Até 400% de elasticidade.
- Grande resistência aos raios UV, à intempérie e ao envelhecimento.
- Impermeável mesmo em terraços com água estagnada.
- Grande capacidade de enchimento.
- Permeável ao vapor de água.
- Mantém a flexibilidade a baixas temperaturas.
- Resiste a temperaturas extremas (-20°C a 80°C).
- Resiste a ataques pontuais de ácidos e bases diluídas.
- Limpeza das ferramentas apenas com água.
- Produto sem qualquer tipo de perigosidade.



Suportes adequados:

Aplicável sobre:

- Suportes minerais, betão, cimento, fibrocimento, telhas, cerâmicos.
- Telas asfálticas, betuminosas ou plásticas.
- Coberturas acrílicas.
- Metais em geral, cobre, zinco, alumínio, aço inoxidável, latão.
- Plástico, ligações de tubos de ventilação, uniões em clarabóias.
- Isolamentos térmicos, poliuretano, poliestireno.
- Madeira, aglomerado, contraplacado.

Para assegurar uma adesão perfeita, recomenda-se o uso do primário Rubson FF 2000 Primário / Rubson SilicoTec Primer.

Características do produto:

- **Base:** Silicone
- **Aspecto:** Líquido pastoso
- **Cores:** Cinzento, preto, telha e branco
- **Densidade (20°C):** Aprox. 1,3 g/ml
- **Rendimento:** 1,3 kg/m² por mm de espessura em húmido
- **Aplicação:**
 - Como impermeabilizante: 1,0 a 1,5 mm (1,3 a 2,0 kg/m²)
 - Em telhados planos: Min. 2,0 mm (2,6 kg/m²)
 - Se imerso em água: Min. 3,0 mm (3,9 kg/m²)
- **Temperatura de aplicação:** Entre 10°C e 30°C
- **Resistência à chuva após:** 3 a 7 horas*
- **Tempo de secagem:** 2mm por 24 horas*
- **Coeficiente de difusão de água (humidade), μ :** Aprox. 1200
- **Valor S_d (2mm espessura)** Aprox. 2,4m

* - Tempos dependentes da temperatura e da humidade do ar e do suporte.

Classificação de acordo com a “Aprovação Técnica Europeia” ETAG 005:

- **Comportamento ao fogo no exterior EN 13501-5** B_{roof} (t1)
- **Reacção ao fogo EN 13501-5** E
- **Tempo de vida útil** W2 (10 anos)
- **Zonas climáticas** M e S (moderadas e severas)
- **Tipo de tráfego** Até P2 (moderado, acessível para manutenção)
- **Inclinação das coberturas** S1 a S4 (todas, desde planas a verticais)
- **Temperatura mínima da superfície** TL3 (-20°C)
- **Temperatura máxima da superfície** TH3 (+80°C)



Modo de emprego:
- Preparação do suporte:

O suporte deve estar perfeitamente limpo, livre de pó e gordura e seco (máx. 5 % humidade residual).
Remover mecanicamente musgos, algas e líquenes bem como partes soltas quer de revestimentos antigos de impermeabilização, quer do próprio suporte.

As características de Rubson Silicone Líquido® SL 3000 (base silicone e alta consistência) permitem a reparação de fissuras com o próprio produto. Abrir as fendas em formas de cunha, encher com Rubson Silicone Líquido® SL 3000 e deixar secar 24 horas.

Verificar as pendentes de modo a permitir uma fácil evacuação da água da chuva.

Suportes absorventes:

Os suportes minerais e de madeira devem ser limpos mecanicamente. Para o betão novo (menos de 6 meses) e suportes ligeiramente pulverulentos (p.e. argamassas de cimento), recomenda-se o tratamento com Rubson FF 2000 Primário / Rubson SilicoTec Primer (consumo entre 100-200g/m²).

Suportes Betuminosos:

Todas as bolhas existentes no material betuminoso devem ser abertas. Reparar irregularidades com argamassa.

Na reconstrução de telas asfálticas, ter especial atenção sobre o estado das camadas superiores (p.e superfície com areias soltas). Se necessário, removê-las completamente e em seguida aplicar Rubson FF 2000 Primário / Rubson SilicoTec Primer (consumo entre 100-200g/m²).

Metais:

Remover mecanicamente as partes corroídas e quaisquer restos de tinta solta.

Plásticos:

Aumentar a rugosidade destes materiais por lixagem, seguido de limpeza com diluente tipo white spirit.

A adesão do produto sobre telas de PVC é geralmente boa. De qualquer modo, sobre plásticos, contactar previamente os Serviços de Assistência Técnica.

Quaisquer ligações aparafusadas, locais de passagem de canalizações, juntas, respiradouros e clarabóias devem ser previamente tratados com Rubson Silicone Líquido SL 3000, impregnando a malha de reforço Rubson M 3000 na camada ainda fresca de produto. Aplicar posteriormente a segunda camada de Rubson Silicone Líquido® SL 3000.

Tomar precauções adequadas no caso de manuseamento de telhados antigos de fibrocimento ou com isolamentos em amianto.



- Aplicação do produto:

Rubson Silicone Líquido® SL 3000 está pronto a usar e aplica-se directamente usando um pincel, rolo ou espátula. Em alternativa pode ser usada a técnica de pulverização airless (consultar previamente o Serviço de Assistência Técnica). Se foi previamente aplicada uma camada de primário, esta deve estar completamente seca antes da aplicação do produto. Não diluir o produto com água em nenhuma circunstância.

Protecção de superfícies

Quando Rubson Silicone Líquido® SL 3000 for usado como protecção impermeabilizante de coberturas inclinadas, recomenda-se a aplicação de pelo menos uma camada de 1,5mm de espessura em húmido (2 kg/m²).

As juntas em telhados de fibrocimento e as juntas de ligação entre telas devem ser previamente regularizadas usando Rubson Silicone Líquido® SL 3000. Após 10 – 12 horas pode-se aplicar uma segunda camada final.

Impermeabilização

Quando Rubson Silicone Líquido® SL 3000 é usado como revestimento de impermeabilização, de acordo com os requisitos para obtenção da “Aprovação Técnica Europeia” ETAG 005, é necessária a aplicação de 2 camadas, com a colocação da malha de reforço Rubson M 3000 entre as 2 camadas de produto. **A espessura em húmido deve ser de pelo menos 2mm, a que corresponde uma espessura em seco de 1,5mm e um consumo de pelo menos 2,6 kg/m².**

A primeira camada de Rubson Silicone Líquido® SL 3000 é aplicada na superfície tratada (se necessário com Rubson FF 2000 Primário / Rubson SilicoTec Primer) com uma espessura em húmido de 1 – 2 mm. A malha de reforço Rubson M 3000 é colocada sobre a superfície fresca de Rubson Silicone Líquido® SL 3000, certificando-se que fique livre de bolhas ou dobras e com uma sobreposição de 10cm. As juntas de sobreposição devem ser sempre alinhadas na direcção do fluxo de água. Só se deve aplicar a quantidade de Rubson Silicone Líquido® SL 3000 que for possível cobrir com a malha de reforço Rubson M 3000 antes da formação de película superficial.

Recomenda-se um período de espera mínimo de 24 horas para a aplicação da segunda camada, estando este dependente das condições atmosféricas. A segunda camada deve ser aplicada com uma espessura de 1 – 1,5 mm.

Aplicar Rubson Silicone Líquido® SL 3000 só em tempo seco e com temperatura ambiente entre +10°C e +30°C.

A temperatura do suporte deverá estar entre 10°C e 30°C. **Em especial para baixas temperaturas deve assegurar-se que a temperatura do suporte está pelo menos 3°C acima do ponto de orvalho (dependente da temperatura e humidade relativa do ar); caso contrário poderá haver a formação de uma película de água que pode dificultar a adesão do produto.** No caso da temperatura do suporte ser superior a 30°C e se houver exposição solar directa, o produto deve ser aplicado em várias camadas finas (máx. 1mm), devendo-se deixar secar completamente cada camada antes da aplicação da próxima. Caso este procedimento não seja respeitado poderão formar-se bolhas.

Importante

O produto não deve ser aplicado em plásticos transparentes (p.e. Plexiglas®, Makrolon®, PETG). Se a água proveniente do telhado se destinar a plantas ou peixes, limpar muito bem a superfície após secagem completa do produto.



- Limpeza de ferramentas:	As ferramentas e os resíduos de produto podem ser limpos com água enquanto estão frescos. Depois de secos apenas poderão ser removidos mecanicamente.	
Apresentação:	Cores:	Cinzento, preto, telha e branco
	Formatos:	Embalagens de 1, 5 e 25 kg
Validade / Armazenamento:	A validade é de pelo menos 24 meses na embalagem original e fechada. Após este prazo, o produto pode ainda encontrar-se em bom estado, sendo recomendado comprová-lo mediante um ensaio prévio ou consultando os nossos Serviços de Assistência Técnica. O produto deve ser armazenado entre 5°C e 40°C. Fechar perfeitamente a embalagem após cada utilização.	
Segurança:	Produto sem qualquer tipo de perigosidade. O valor limite de Compostos Orgânicos Voláteis (COV) de acordo com Directiva 2004/42/CE para esta categoria de produtos é de 140g/L. Este produto contém no máximo 30 g/L de COV. Ficha de Segurança do produto disponível em http://mvmsds.henkel.com	



HENKEL IBERICA PORTUGAL
Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº4 e 4A
Polígono de Actividades Económicas Parque Oriente
Bloco 1 e 2
2695-167 Bobadela – LRS
Telefone: (+351) 21 957 81 60 - Fax: (+351) 21 957 82 06

Versão: 4.0
Data edição: Maio de 2011

Considerando as diferentes condições de trabalho e a diversidade dos materiais, recomendamos que procedam sempre a ensaios prévios. As condições deste boletim técnico são fornecidas apenas como orientação geral. Não podemos aceitar responsabilidade ou obrigação em relação às indicações genéricas deste boletim. Em caso de dúvida, deverão consultar os nossos Serviços de Assistência Técnica.

Primeira fase de ensaio da concentração de radão

Data de registo	ID detetor	Densidade	Área total	Data de início	Data de fim	days	Expos.	RAC
2017-04-06T15:15:07	223 899	3,6395	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	158	314
2017-04-06T15:14:02	223 899	3,09593	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	134	267
2017-04-06T15:13:04	223 899	2,69417	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	117	232
2017-04-06T15:11:32	223 899	3,09593	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	134	267
2017-04-06T15:10:27	223 899	3,02504	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	131	261
2017-04-06T15:09:21	223 899	2,83597	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	123	244
2017-04-06T15:08:20	223 899	2,95414	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	128	255
2017-04-06T15:07:21	223 899	2,97777	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	129	257
2017-04-06T15:06:15	223 899	3,09593	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	134	267
2017-04-06T15:05:11	223 899	2,76507	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	120	238
2017-04-06T15:02:03	223 899	1,79611	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	78	155
2017-04-06T14:59:17	223 902	1,81975	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	79	157
2017-04-06T14:58:31	223 902	2,22151	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	96	191
2017-04-06T14:57:32	223 902	2,12698	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	92	183
2017-04-06T14:56:31	223 902	2,24514	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	97	193
2017-04-06T14:55:26	223 902	2,22151	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	96	191
2017-04-06T14:54:21	223 902	4,34849	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	189	375
2017-04-06T14:53:19	223 902	2,71781	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	118	234
2017-04-06T14:52:10	223 902	0,0236331	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	1	2
2017-04-06T14:51:13	223 902	2,45784	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	106	212
2017-04-06T14:50:07	223 902	2,95414	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	128	255
2017-04-06T14:45:24	225 325	2,52874	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	110	218
2017-04-06T14:44:17	225 325	2,88324	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	125	248
2017-04-06T14:43:12	225 325	2,83597	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	123	244
2017-04-06T14:42:11	225 325	2,7887	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	121	240
2017-04-06T14:41:06	225 325	3,37953	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	147	291
2017-04-06T14:39:45	225 325	2,83597	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	123	244
2017-04-06T14:38:46	225 325	2,41058	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	104	208
2017-04-06T14:37:35	225 325	3,0014	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	130	259
2017-04-06T14:36:37	225 325	2,50511	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	109	216
2017-04-06T14:35:26	225 325	2,45784	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	106	212
2017-04-06T13:56:38	224 998	3,80493	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	165	328
2017-04-06T13:55:23	224 998	4,18306	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	182	361
2017-04-06T13:54:10	224 998	2,7887	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	121	240
2017-04-06T13:53:12	224 998	3,92309	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	170	338
2017-04-06T13:52:14	224 998	4,08852	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	177	353
2017-04-06T13:51:17	224 998	4,04126	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	175	348
2017-04-06T13:49:45	224 998	4,53755	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	197	391
2017-04-06T13:48:41	224 998	4,15942	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	181	359
2017-04-06T13:47:33	224 998	4,25396	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	185	367
2017-04-06T13:46:14	224 998	4,23032	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	184	365
2017-04-06T12:56:35	223 380	5,29381	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	230	457
2017-04-06T12:55:39	223 380	5,10475	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	222	440
2017-04-06T12:54:41	223 380	5,53014	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	240	477
2017-04-06T12:53:39	223 380	5,31745	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	231	459
2017-04-06T12:52:41	223 380	5,67194	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	246	489
2017-04-06T12:51:45	223 380	4,70298	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	204	406
2017-04-06T12:50:43	223 380	5,31745	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	231	459
2017-04-06T12:49:43	223 380	5,41198	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	235	467
2017-04-06T12:48:42	223 380	5,45924	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	237	471
2017-04-06T12:47:42	223 380	5,29381	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	230	457

Barreiras de radão à base de impermeabilizantes líquidos em pedras naturais

Data de registo	ID detetor	Densidade	Área total	Data de início	Data de fim	days	Expos.	RAC
2017-04-06T12:45:31	223 386	6,4282	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	279	555
2017-04-06T12:44:33	223 386	6,33367	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	275	546
2017-04-06T12:43:35	223 386	6,82996	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	297	589
2017-04-06T12:42:33	223 386	7,08993	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	308	612
2017-04-06T12:41:36	223 386	6,82996	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	297	589
2017-04-06T12:40:34	223 386	6,6409	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	289	573
2017-04-06T12:39:26	223 386	5,97917	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	260	516
2017-04-06T12:38:08	223 386	7,11356	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	309	614
2017-04-06T12:36:59	223 386	6,80633	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	296	587
2017-04-06T12:35:58	223 386	6,61726	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	287	571
2017-04-06T12:27:56	223 391	4,79752	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	208	414
2017-04-06T12:26:55	223 391	4,75025	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	206	410
2017-04-06T12:25:51	223 391	4,96295	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	215	428
2017-04-06T12:24:51	223 391	5,60104	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	243	483
2017-04-06T12:23:53	223 391	5,48288	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	238	473
2017-04-06T12:22:51	223 391	5,45924	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	237	471
2017-04-06T12:21:51	223 391	6,19187	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	269	534
2017-04-06T12:20:54	223 391	5,36471	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	233	463
2017-04-06T12:19:53	223 391	5,41198	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	235	467
2017-04-06T12:18:50	223 391	5,31745	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	231	459
2017-04-06T12:15:28	225 405	4,77388	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	207	412
2017-04-06T12:14:22	225 405	4,82115	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	209	416
2017-04-06T12:13:24	225 405	5,22291	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	227	450
2017-04-06T12:12:25	225 405	5,10475	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	222	440
2017-04-06T12:11:23	225 405	3,54496	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	154	306
2017-04-06T12:10:19	225 405	4,20669	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	183	363
2017-04-06T12:09:08	225 405	4,72662	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	205	408
2017-04-06T12:08:03	225 405	5,45924	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	237	471
2017-04-06T12:06:56	225 405	3,78129	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	164	326
2017-04-06T12:05:18	225 405	5,86101	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	255	506
2017-04-06T11:58:16	223 751	6,0737	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	264	524
2017-04-06T11:57:18	223 751	5,08111	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	221	438
2017-04-06T11:56:12	223 751	6,33367	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	275	546
2017-04-06T11:55:04	223 751	5,45924	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	237	471
2017-04-06T11:52:57	223 751	6,16824	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	268	532
2017-04-06T11:51:52	223 751	5,60104	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	243	483
2017-04-06T11:50:49	223 751	6,26277	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	272	540
2017-04-06T11:49:45	223 751	4,93932	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	214	426
2017-04-06T11:48:40	223 751	5,62468	42,3136	31/01/2017	21/02/2017	21	244	485

Segunda fase de ensaio da concentração de radão

Detetor	Densidade	Área total	Data de início	Data de fim	Dias	Exposição	RAC
223 515	6.73543	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	120	218
223 515	7.49169	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	134	243
223 515	7.04266	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	125	228
223 515	6.97176	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	124	225
223 515	9.02784	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	162	293
223 515	7.34989	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	131	238
223 515	7.86982	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	141	255
223 515	7.39716	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	132	239
223 515	7.58622	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	135	246
223 515	8.62608	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	154	280
223 504	10.4458	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	187	339
223 504	10.4931	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	188	341
223 504	10.7531	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	193	349
223 504	10.0441	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	180	326
223 504	10.3513	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	185	336
223 504	10.4458	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	187	339
223 504	10.4931	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	188	341
223 504	10.7531	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	193	349
223 504	10.0441	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	180	326
223 504	10.3513	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	185	336
224 084	10.1386	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	182	329
224 084	9.87863	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	177	321
224 084	10.3277	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	185	335
224 084	9.97316	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	179	324
224 084	9.83137	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	176	319
224 084	9.66593	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	173	314
224 084	10.2804	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	184	334
224 084	10.564	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	189	343
224 084	10.2804	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	184	334
224 084	10.0677	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	180	327
223 790	15.5033	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	277	502
223 790	15.2433	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	272	493
223 790	14.9597	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	267	484
223 790	16.1887	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	289	523
223 790	15.8578	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	283	513
223 790	15.6687	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	280	507
223 790	15.8342	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	282	512
223 790	15.3615	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	274	497
223 790	15.2197	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	272	493
223 790	15.1252	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	270	490
224 023	9.09874	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	163	295
224 023	9.31144	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	167	302
224 023	8.83878	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	158	287
224 023	9.24054	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	165	300
224 023	8.43701	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	151	274
224 023	8.46065	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	151	274
224 023	8.62608	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	154	280
224 023	9.00421	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	161	292
224 023	8.79151	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	157	285
224 023	8.27158	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	148	268

Barreiras de radão à base de impermeabilizantes líquidos em pedras naturais

Detetor	Densidade	Área total	Data de início	Data de fim	Dias	Exposição	RAC
223 351	9.2878	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	166	302
223 351	9.38234	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	168	305
223 351	8.86241	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	159	288
223 351	8.43701	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	151	274
223 351	8.76788	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	157	285
223 351	7.98798	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	143	259
223 351	9.47687	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	170	308
223 351	9.16964	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	164	298
223 351	7.86982	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	141	255
223 351	8.64971	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	155	281
223 773	7.86982	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	141	255
223 773	8.10615	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	145	263
223 773	7.68075	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	137	249
223 773	7.91708	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	141	257
223 773	8.03525	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	144	260
223 773	9.3587	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	168	304
223 773	7.68075	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	137	249
223 773	7.91708	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	141	257
223 773	8.03525	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	144	260
223 773	9.3587	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	168	304
223 788	6.57	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	117	212
223 788	7.04266	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	125	228
223 788	5.43561	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	96	174
223 788	6.05007	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	107	195
223 788	6.52273	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	116	210
223 788	6.05007	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	107	195
223 788	6.73543	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	120	218
223 788	6.4991	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	116	210
223 788	8.22432	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	147	267
223 788	8.38975	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	150	272
223 338	6.68816	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	119	216
223 338	5.88464	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	104	189
223 338	8.34248	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	149	271
223 338	5.03385	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	88	161
223 338	5.93191	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	105	191
223 338	5.41198	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	95	173
223 338	8.46065	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	151	274
223 338	7.39716	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	132	239
223 338	6.90086	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	123	223
223 338	7.96435	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	142	258
224 897	9.80773	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	176	318
224 897	10.4695	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	187	340
224 897	9.87863	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	177	321
224 897	11.2257	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	201	364
224 897	9.38234	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	168	305
224 897	10.7531	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	193	349
224 897	9.9968	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	179	325
224 897	7.39716	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	132	239
224 897	9.45324	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	169	307
224 897	11.1548	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	200	362

Detetor	Densidade	Área total	Data de início	Data de fim	Dias	Exposição	RAC
223747	7.44442	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	133	241
223747	8.48428	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	152	275
223747	7.13719	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	127	231
223747	8.79151	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	157	285
223747	9.24054	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	165	300
223747	8.31885	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	149	270
223747	7.13719	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	127	231
223747	8.79151	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	157	285
223747	9.24054	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	165	300
223747	8.31885	42.3136	29/03/2017	21/04/2017	23	149	270

Terceira fase de ensaio da concentração de radão

Detetor	Densidade	Área total	Data de início	Data de fim	Dias	Exposição	RAC
225 337	3,71039	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	161	280
225 337	3,71039	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	161	280
225 337	3,0014	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	130	226
225 337	3,47406	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	151	262
225 337	3,3559	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	146	253
225 337	3,23773	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	140	244
225 337	3,11957	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	135	235
225 337	3,09593	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	134	233
225 337	3,16683	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	137	239
225 337	3,2141	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	139	242
223 346	6.19187	42.3136	24/04/2017	18/05/2017	24	269	467
223 346	6.87723	42.3136	24/04/2017	18/05/2017	24	299	519
223 346	6.97176	42.3136	24/04/2017	18/05/2017	24	303	526
223 346	6.6409	42.3136	24/04/2017	18/05/2017	24	289	501
223 346	6.16824	42.3136	24/04/2017	18/05/2017	24	268	466
223 346	5.76647	42.3136	24/04/2017	18/05/2017	24	250	435
223 346	6.59363	42.3136	24/04/2017	18/05/2017	24	286	498
223 346	6.31003	42.3136	24/04/2017	18/05/2017	24	274	476
223 346	7.25536	42.3136	24/04/2017	18/05/2017	24	315	548
223 346	6.26277	42.3136	24/04/2017	18/05/2017	24	272	473
223 502	5,19928	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	226	392
223 502	5,95554	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	259	449
223 502	4,98658	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	217	376
223 502	5,76647	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	250	435
223 502	6,4991	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	282	491
223 502	5,50651	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	239	416
223 502	5,90827	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	257	446
223 502	4,91568	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	213	371
223 502	5,45924	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	237	412
223 502	5,29381	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	230	399
223 753	5,19928	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	226	392
223 753	4,98658	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	217	376
223 753	4,89205	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	212	369
223 753	4,72662	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	205	357
223 753	4,89205	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	212	369
223 753	4,96295	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	215	374
223 753	5,03385	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	219	380
223 753	5,05748	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	220	382
223 753	4,72662	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	205	357
223 753	5,17565	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	225	391
223 901	2,52874	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	110	191
223 901	2,31604	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	100	174
223 901	2,55237	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	111	192
223 901	2,12698	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	92	160
223 901	2,07971	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	90	157
223 901	2,57601	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	112	194
223 901	1,63068	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	70	123
223 901	2,45784	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	106	185
223 901	2,71781	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	118	205
223 901	1,58342	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	68	119

Barreiras de radão à base de impermeabilizantes líquidos em pedras naturais

Detetor	Densidade	Área total	Data de início	Data de fim	Dias	Exposição	RAC
223 512	5,27018	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	229	398
223 512	4,60845	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	200	348
223 512	5,31745	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	231	401
223 512	4,82115	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	209	364
223 512	4,67935	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	203	353
223 512	5,62468	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	244	424
223 512	4,82115	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	209	364
223 512	5,45924	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	237	412
223 512	4,72662	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	205	357
223 512	4,65572	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	202	351
223 779	0,779892	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	33	58
223 779	0,543561	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	23	41
223 779	0,756259	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	32	57
223 779	0,425396	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	18	32
223 779	0,472662	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	20	35
223 779	0,708993	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	30	53
223 779	0,519928	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	22	39
223 779	0,898057	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	39	67
223 779	0,803525	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	34	60
223 779	0,68536	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	29	51
223 500	1,77248	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	77	133
223 500	1,79611	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	78	135
223 500	1,67795	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	73	126
223 500	1,79611	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	78	135
223 500	1,74885	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	76	132
223 500	1,74885	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	76	132
223 500	1,72522	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	75	130
223 500	1,53615	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	66	116
223 500	1,55978	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	67	117
223 500	1,60705	42,3136	24/04/2017	18/05/2017	24	69	121

Quarta fase de ensaio da concentração de radão

Detetor	Densidade	Área total	Data de início	Data de fim	Dias	Exposição	RAC
717 667	0.803525	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	35	59
717 667	1.03986	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	46	77
717 667	0.850791	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	37	63
717 667	1.27619	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	56	94
717 667	0.68536	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	30	50
717 667	0.850791	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	37	63
717 667	1.15802	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	51	86
717 667	0.708993	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	31	52
717 667	0.850791	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	37	63
717 667	1.11076	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	49	82
717 665	1.03986	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	46	77
717 665	0.898057	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	40	66
717 665	1.27619	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	56	94
717 665	1.18165	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	52	87
717 665	1.08712	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	48	80
717 665	0.968957	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	43	72
717 665	0.874424	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	38	64
717 665	1.13439	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	50	84
717 665	1.15802	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	51	86
717 665	1.11076	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	49	82
717 712	0.567194	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	25	42
717 712	0.99259	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	44	73
717 712	1.08712	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	48	80
717 712	0.850791	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	37	63
717 712	1.15802	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	51	86
717 712	1.11076	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	49	82
717 712	0.803525	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	35	59
717 712	0.945324	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	42	70
717 712	1.11076	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	49	82
717 712	0.968957	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	43	72
717 656	0.68536	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	30	50
717 656	0.945324	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	42	70
717 656	0.756259	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	33	56
717 656	0.92169	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	41	68
717 656	0.968957	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	43	72
717 656	1.15802	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	51	86
717 656	0.874424	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	38	64
717 656	0.61446	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	27	45
717 656	0.874424	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	38	64
717 656	1.01622	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	45	75
717 652	2.88324	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	128	214
717 652	2.29241	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	102	170
717 652	1.91428	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	85	142
717 652	2.62327	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	116	194
717 652	2.07971	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	92	154
717 652	2.81234	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	125	209
717 652	2.50511	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	111	186
717 652	1.74885	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	77	129
717 652	1.86701	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	83	138
717 652	2.64691	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	118	196

Barreiras de radão à base de impermeabilizantes líquidos em pedras naturais

Detetor	Densidade	Área total	Data de início	Data de fim	Dias	Exposição	RAC
717690	1.48888	84.6271	42922	42947	25	66	110
717690	1.72522	84.6271	42922	42947	25	76	128
717690	1.58342	84.6271	42922	42947	25	70	117
717690	1.51252	84.6271	42922	42947	25	67	112
717690	2.19788	84.6271	42922	42947	25	98	163
717690	1.41799	84.6271	42922	42947	25	63	105
717690	1.55978	84.6271	42922	42947	25	69	115
717690	1.53615	84.6271	42922	42947	25	68	114
717690	1.39435	84.6271	42922	42947	25	62	103
717690	1.53615	84.6271	42922	42947	25	68	114

Quinta fase de ensaio da concentração de radão

Detetor	Densidade	Área total	Data de início	Data de fim	Dias	Exposição	RAC
717 648	1.29982	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	57	96
717 648	0.756259	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	33	56
717 648	0.898057	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	40	66
717 648	1.08712	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	48	80
717 648	1.06349	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	47	79
717 648	0.732626	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	32	54
717 648	1.18165	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	52	87
717 648	1.41799	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	63	105
717 648	1.06349	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	47	79
717 648	1.01622	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	45	75
717 657	1.34709	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	60	100
717 657	1.67795	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	74	124
717 657	1.34709	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	60	100
717 657	0.99259	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	44	73
717 657	1.22892	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	54	91
717 657	1.44162	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	64	107
717 657	1.37072	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	61	101
717 657	1.18165	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	52	87
717 657	1.39435	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	62	103
717 657	1.13439	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	50	84
717 610	1.20529	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	53	89
717 610	1.39435	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	62	103
717 610	1.29982	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	57	96
717 610	1.08712	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	48	80
717 610	1.41799	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	63	105
717 610	1.63068	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	72	121
717 610	1.34709	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	60	100
717 610	1.37072	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	61	101
717 610	1.46525	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	65	108
717 610	1.41799	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	63	105
717 555	1.22892	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	54	91
717 555	1.32345	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	59	98
717 555	0.92169	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	41	68
717 555	1.25255	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	55	93
717 555	1.48888	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	66	110
717 555	1.29982	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	57	96
717 555	1.03986	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	46	77
717 555	0.945324	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	42	70
717 555	1.32345	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	59	98
717 555	1.18165	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	52	87
717 604	1.08712	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	48	80
717 604	1.37072	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	61	101
717 604	1.53615	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	68	114
717 604	1.22892	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	54	91
717 604	1.25255	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	55	93
717 604	1.34709	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	60	100
717 604	1.44162	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	64	107
717 604	1.20529	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	53	89
717 604	1.11076	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	49	82
717 604	1.41799	84.6271	06/07/2017	31/07/2017	25	63	105

Ensaio de Permeabilidade ao Oxigênio sem Revestimento												
Id _{provete}	Provete			φ _{Pipeta} [mm]	P _{entra} [bar]	t _{estabilidade} [min]	t _(20cm) [s]	t _{(20cm)médio} [s]	v [m ³ /s]	K [m ²]	K [m ²] (bar)	Média
	Altura [cm]	Diâmetro [cm]	Área [m ²]									
V1	38,44	4,8	18,095574	1	3	30	73,11 68,06 71,02	70,73	2,22E-09	2,38227E-21	2,38E-21	
V2	41,01	4,8	0,0018096	1	3	30	55,40 46,56 51,56	51,17	3,07E-09	3,51284E-17	3,51E-17	2,78E-17
V3	40,35	4,8	0,0018096	1	3	30	38,24 36,60 35,17	36,67	4,28E-09	4,8239E-17	4,82E-17	
H1	38,22	4,8	0,0018096	1	3	30	34,44 33,88 34,37	34,23	4,59E-09	4,89498E-17	4,89E-17	
H2	41,12	4,8	0,0018096	1	3	30	27,55 28,33 27,83	27,90	5,63E-09	6,46005E-17	6,46E-17	5,15E-17
H3	41,22	4,8	0,0018096	1	3	30	43,81 43,94 44,20	43,98	3,57E-09	4,10777E-17	4,11E-17	
S1	39,35	4,8	0,0018096	1	3	30	49,12 48,43 48,67	48,74	3,22E-09	3,53914E-17	3,54E-17	
S2	41,38	4,8	0,0018096	1	3	30	64,93 64,88 67,01	65,61	2,39E-09	2,76458E-17	2,76E-17	3,79E-17
S3	40,82	4,8	0,0018096	1	3	30	35,88 35,47 34,82	35,39	4,44E-09	5,05628E-17	5,06E-17	

Ensaio de Permeabilidade ao Oxigénio com Revestimento												
Id _{provetete}	Provetete			φ _{Pipeta} [mm]	P _{entra} [bar]	t _{estabilidade} [min]	t _(20cm) [s]	t _{(20cm)médio} [s]	v [m ³ /s]	K [m ²]	K [m ²] (bar)	Média
	Altura [cm]	Diâmetro [cm]	Área [m ²]									
V1	38,44	4,8	0,0018096	1	3	30	199,72	220,95	7,11E-10	7,62594E-18	7,63E-18	
							229,96					
							233,18					
V2	41,01	4,8	0,0018096	1	30	30	684,25	697,62	2,25E-10	2,5768E-18	2,58E-18	7,18E-18
							683,70					
							724,92					
V3	40,35	4,8	0,0018096	1	30	30	153,96	156,11	1,01E-09	1,13315E-17	1,13E-17	
							156,77					
							157,59					
H1	38,22	4,8	0,0018096	1	30	30	119,85	115,78	1,36E-09	1,44719E-17	1,45E-17	
							113,99					
							113,50					
H2	41,12	4,8	0,0018096	1	30	30	84,96	81,78	1,92E-09	2,20417E-17	2,20E-17	1,79E-17
							80,43					
							79,95					
H3	41,22	4,8	0,0018096	1	30	30	111,33	105,11	1,49E-09	1,71884E-17	1,72E-17	
							101,99					
							102,02					
S1	39,35	4,8	0,0018096	1	30	30	163,68	159,37	9,86E-10	1,08237E-17	1,08E-17	
							164,28					
							150,15					
S2	41,38	4,8	0,0018096	1	30	30	1800,00	1800,00	2,18E-13	2,51909E-21	2,52E-21	4,12E-18
							1800,00					
							1800,00					
S3	40,82	4,8	0,0018096	1	30	30	164,59	1158,07	1,36E-10	1,54517E-18	1,55E-18	
							177,24					
							179,30					