

MEDIDAS PREVENTIVAS PREVISTAS PARA A MITIGAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE SOLOS E ÁGUA



14-12-2022

ECODEAL – GESTÃO INTEGRAL DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS,
S.A.

PRINCIPAIS IMPACTES PREVISTOS PARA O SOLO E ÁGUAS	3
MEDIDAS DE PREVENÇÃO	4
ANÁLISE A MÉDIO/LONGO PRAZO DO COMPORTAMENTO DAS BACIAS DE DEPOSIÇÃO	7
1.1 Características do desenho do sistema de impermeabilização e selagem das bacias de deposição.....	7
1.2 Instalação e colocação em obra dos materiais de impermeabilização e selagem	10
1.3 Comportamento a médio e longo prazo. Durabilidade das geomembranas	12
1.4 Modelo conceptual do comportamento a emissões das bacias de deposição de resíduos	16
CONCLUSÃO	19
ANEXO – PERFORMANCE QUÍMICA DE GEOMEMBRANAS	20

PRINCIPAIS IMPACTES PREVISTOS PARA O SOLO E ÁGUAS

As emissões têm efeitos sobre diversas componentes ambientais, os quais se resumem de seguida.

Quanto à **Geomorfologia, Geologia, Geotecnia e Hidrogeologia** durante a fase de construção os impactes estiveram essencialmente relacionados com as operações de escavação, com potencial interferência direta sobre a geomorfologia e geologia local. Durante a fase de exploração os principais impactes ao nível deste descritor poderão decorrer no exterior das instalações de tratamento e ao nível do Aterro, embora residam na eventual ocorrência de acidentes (derrames, rutura de recipientes, eventual, e improvável, rutura do sistema de impermeabilização, etc.).

No que se refere aos **Recursos Hídricos Superficiais e Qualidade da Água**, os efeitos na fase de construção estiveram associadas as operações de limpeza do terreno, escavações e movimentações de terras, das quais resultou a emissão de partículas e poeiras. As três linhas de água que foram identificadas na área de implantação do projeto apresentam carácter torrencial (consistindo em afluentes da Ribeira das Fontainhas), pelo que a probabilidade de contaminação das águas superficiais será maior durante a época das chuvas. Durante a fase de exploração, os impactes negativos que podem ocorrer estão relacionados com a eventual ocorrência de acidentes conforme descrito no parágrafo anterior.

No que se refere aos **Solos e Usos do Solo**, a instalação e a utilização do estaleiro assim como a implantação das diversas infra-estruturas que compõem o projeto implicaram operações como terraplenagem do terreno e inserção de estruturas, as quais não originaram impactes significativos. Durante a fase de exploração, os impactes daqui resultantes estão relacionados com as fases de construção faseada das bacias de aterro, onde como princípio de projeto se tenta efetuar balanço de massa das diversas frações de terras existentes de forma a minimizar a movimentação das mesmas para o exterior e/ou para o interior da instalação. As terras escavadas são utilizadas para cobertura das células em exploração e os diversos materiais necessários à constituição do aterro são selecionados, sempre que possível, dentro do material existente na instalação.

Relativamente à **Paisagem**, os principais impactes ocorrem durante a fase construção com a remoção do coberto vegetal, movimentação de terras, escavações e implantação das infraestruturas. Contudo, esta é uma zona com elevada absorção visual. Acresce que a altura que poderá atingir o Aterro não é de molde a que este seja visível de lugares habitados.

MEDIDAS DE PREVENÇÃO

No que se refere à **Geomorfologia, Geologia, Geotecnia e Hidrogeologia** de forma a minimizar os impactos identificados e durante a fase de construção limitaram-se as escavações ao definido em projeto. Durante a Fase de Exploração tem-se procedido à monitorização das águas subterrâneas de acordo com o especificado na Licença Ambiental. A instalação está dotada de uma rede de 14 piezómetros, efetuando-se adicionalmente a monitorização das águas subsuperficiais provenientes do fundo dos aterros;

No que se refere aos **Solos e Usos do Solo**, para minimizar os impactos referentes a este descritor a Ecodeal dispõe de uma plataforma totalmente impermeabilizada onde circulam os camiões e que possibilita a minimização de ocorrência de contaminação de solos em caso de derrame. É também sobre esta plataforma e preferencialmente no interior das unidades que os resíduos são armazenados. Adicionalmente as unidades estão providas de fossas cegas e o piso encontra-se inclinado de forma a permitir o escoamento de um potencial derrame assegurando que o mesmo fica contido dentro da própria unidade;

Relativamente à **Paisagem**, durante a fase de exploração o local deverá manter-se o mais limpo possível, sendo fundamental uma boa gestão e armazenamento dos resíduos, tanto os que chegam ao CIRVER como os produzidos no mesmo;

Foram igualmente definidas **Medidas de Monitorização**, face à tipologia de efeitos resultantes da instalação. O programa de monitorização tem como objetivo avaliar e caracterizar o ambiente afetado pela implantação do projeto, através de campanhas periódicas de amostragem.

O Programa Geral de Monitorização engloba os seguintes planos de monitorização:

- Águas Subterrâneas;
- Águas Superficiais;
- Qualidade do Ar;
- Qualidade do Solos.

A estrutura metodológica do plano de monitorização tem em conta as características do projeto em estudo encontra-se descrita no Título Único Ambiental.

TABELA 1 RESUMO DAS MEDIDAS PREVENTIVAS APLICADAS NA INSTALAÇÃO DE FORMA A MINIMIZAR IMPACTES NO SOLO E ÁGUA

Medidas preventivas	Estado de implementação
Impermeabilização da plataforma de tratamento de resíduos	✓
Rede de recolha de águas/derrames para duas bacias de retenção de águas	✓
Duas bacias de retenção para a plataforma (capacidades:2500 m3)	✓
Plano de Segurança Interno - procedimento específico para intervenção em situações de derrame	✓
Plano de manutenção das estruturas ligadas à recolha de águas	✓
Vigilância 24h	✓
Análise do histórico de pluviosidade da zona de implantação da unidade	✓
Bacias de retenção e tanques de armazenamento com capacidade superior ao pior cenário de pluviosidade	✓
Verificação diária da capacidade disponível na bacia de retenção de lixiviado do aterro	✓
Monitorização da qualidade das águas superficiais de acordo com o definido na L.A.	✓
Sistema de drenagem de segurança com poço que permite a inspecção de eventuais fugas	✓
Monitorização da qualidade das águas subterrâneas de acordo com o definido no TUA.	✓
Inspecção visual da plataforma	✓
Reforço do sistema de protecção ambiental passivo do aterro com camada de reforço de impermeabilização com 0,5 m de espessura	✓
Plano de segurança interno - procedimento específico para intervenção em caso de incêndio	✓
Formação a todos os colaboradores em Prevenção e Combate a Incêndio e Brigada de Incêndio	✓
Perímetro da instalação vedado e vigiado regularmente	✓
Encontra-se prevista a realização de simulacros	✓
Manutenção das estruturas afectas à prevenção e combate a incêndios	✓
Plano de segurança interno - procedimento específico para intervenção em caso de explosão	✓
Formação dos colaboradores em manuseamento de substâncias perigosas	✓
Disponibilização do Manual Exploração do Aterro aos colaboradores	✓
Rega periódica dos resíduos de forma a minimizar as emissões difusas associadas a resíduos pulverulentos	✓
Plano de manutenção ligado aos equipamentos afectos à operação no aterro	✓

Dada a especificidade desta instalação face à existência de aterros considerou-se importante complementar esta informação com a análise a médio/longo prazo das bacias de deposição de resíduos.

ANÁLISE A MÉDIO/LONGO PRAZO DO COMPORTAMENTO DAS BACIAS DE DEPOSIÇÃO

A análise a médio/longo prazo do comportamento das bacias de deposição encontra-se dividida pelos seguintes aspectos:

- Características do desenho dos sistemas de impermeabilização e selagem das células de aterro;
- Condições de instalação e colocação em obra dos materiais de impermeabilização e de selagem;
- Comportamento a médio e longo prazo das telas. Estudo de durabilidade das geomembranas;
- Modelo conceptual de comportamento frente a emissões das bacias de deposição.

1.1 Características do desenho do sistema de impermeabilização e selagem das bacias de deposição

1. Sistema de impermeabilização da base das bacias

O perfil de impermeabilização de todas as bacias de deposição da Ecodeal é formado por uma combinação de níveis funcionais e de proteção, que se descrevem de seguida:

A) Sistema de proteção ambiental passiva

Em primeiro lugar a Ecodeal dispõe de um sistema de proteção passiva, formado pela ação combinada do terreno natural de muito baixa permeabilidade, uma capa de reforço de 0,5 m de espessura e a instalação de um geocomposto bentonítico com uma geomembrana PEAD.

A camada de solo subjacente ao aterro, deve ser constituída por uma barreira geológica de baixa permeabilidade e espessura adequada, da qual resulta um efeito atenuador suficiente para impedir qualquer potencial risco para o solo e águas subterrâneas.

No caso dos aterros de resíduos perigosos, a base e os taludes do aterro devem consistir numa camada mineral que satisfaça as condições de permeabilidade e de espessura de efeito combinado, equivalente a uma espessura de 5 m com $K \leq 10^{-9}$ m/s (a qual necessitará de cerca de 160 anos para ser atravessada pelo fluxo de qualquer eventual fuga de água contaminada).

No local de instalação do CIRVER, a camada subjacente às bacias de aterro é constituída por uma unidade geológica silto-argilosa com muito baixa permeabilidade e espessura até valores da ordem dos 20 m. Complementarmente, instalou-se uma capa mineral de reforço de impermeabilização de 0,5 m de espessura com material argilos procedente da própria escavação para a formação das células. O sistema de proteção completa-se com um nível adicional, formado por um geocomposto bentonítico de 6 mm de espessura, reforçado com geomembrana PEAD extrudida sobre uma das suas faces. Esta barreira

adicional praticamente impermeável, com coeficiente de permeabilidade $K \leq 5 \times 10^{-12} \text{ m/s}$, adicionada à barreira natural, garante, por larga margem as condições impostas na legislação em vigor.

B) Sistema de proteção ambiental ativa

Conforme descrito no Decreto-Lei n.º 183/2009, todos os aterros de resíduos perigosos devem dispor de um sistema de proteção ambiental ativo, que deverá ser constituído por os seguintes elementos:

- Uma barreira de impermeabilização artificial (constituída por uma geomembrana ou dispositivo equivalente);
- Um sistema de drenagem de águas pluviais (sistema separativo na base do aterro e ou unitário na envolvente da área de confinamento);
- Um sistema de captação, drenagem e recolha de lixiviados.

Nas células de deposição de ECODEAL, instalou-se uma geomembrana PEAD de 2 mm de espessura como barreira de impermeabilização artificial. Em relação às redes de drenagem, todas as bacias dispõem das seguintes infraestruturas:

- Drenagem de lixiviados, formado por uma capa de 0,5 m de gravilha no fundo, acrescida de um geotextil de PP anti perfuração de 500 g/m^2 na parte inferior para evitar perfuração da geomembrana, e um geotextil filtro de PP de 300 g/m^2 .
- Drenagem de águas pluviais, formado por uma rede de drenagem que efetua a captação da água em todo o perímetro das célula de aterro.
- Drenagem de controlo de fugas, situada entre a camada de impermeabilização passiva e a geomembrana PEAD (segunda rede de recolha de lixiviados), cuja função é captar e conduzir qualquer fuga que se possa produzir.
- Drenagem de águas subsuperficiais: As bacias dispõe de uma rede específica para a captação de circulações pontuais de água que se infiltrem através dos terrenos, no exterior das bacias de deposição. As águas são captadas e conduzidas, evitando o contacto com a bacia de resíduos. As infraestruturas utilizadas variam em função das células de aterro mas são constituídas em todos os casos por um geocomposto drenante colocado debaixo da impermeabilização e a condução da água é efetuada por gravidade.

Em forma de síntese, na figura seguinte pode observar-se os perfis de impermeabilização (fundo e taludes) de cada uma das células de aterro.

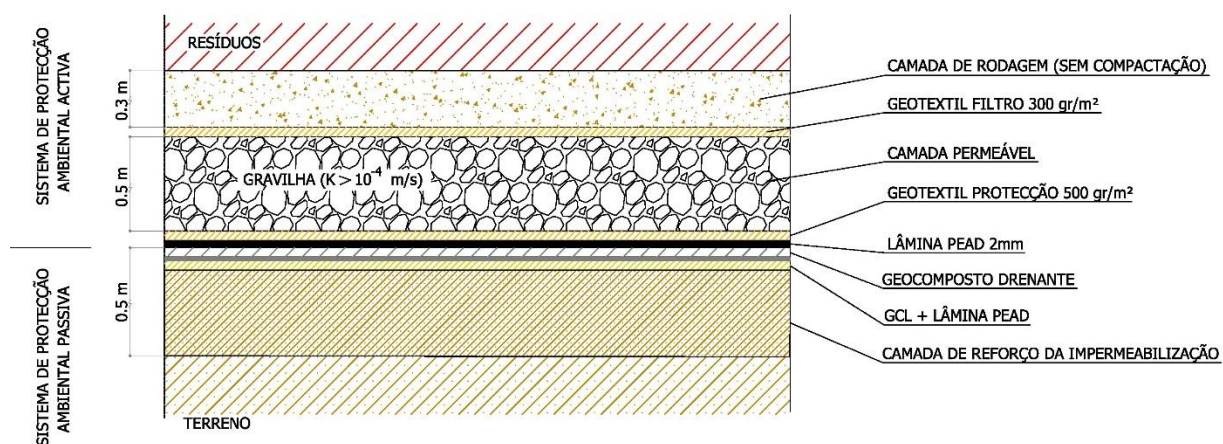


FIGURA 1 – DETALHE DO PERFIL DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO FUNDO DA BACIA

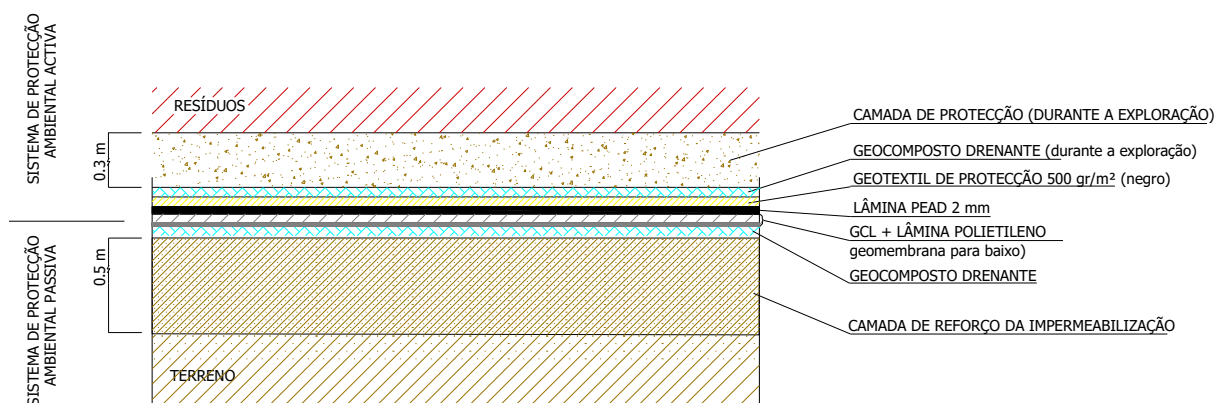


FIGURA 2 – DETALHE DO PERFIL DE IMPERMEABILIZAÇÃO DOS TALUDES DA BACIA

1.2 Instalação e colocação em obra dos materiais de impermeabilização e selagem

Segundo os estudos realizados por Nosko (1996) e Phaneuf (2001), aplicando técnicas geoeletricas para a detecção de fugas em sistema de impermeabilização artificial em aterros, os resultados indicam que:

- Em 25% dos casos os danos ocorrem durante a instalação da geomembrana.
- Em 73% dos casos os danos na impermeabilização artificial ocorrem durante a colocação das capas granulares, fundamentalmente das gravilhas que constituem a drenagem de lixiviados devido a perfurações da tela.
- Em 2% dos casos o dano ocorre durante a fase pós-construção, devido a ruturas acidentais durante a exploração, que são facilmente detetáveis e reparáveis.

Para alcançar a sua funcionalidade permanente é necessário adotar medidas específicas tanto na fase da conceção como na fase de construção de forma a assegurar a ausência total de fugas nas geomembranas.

Assim, a instalação de todos os materiais geossintéticos foi objeto de um **programa de controlo da qualidade específico**, levado a cabo pelo LNEC-Laboratório Nacional de Engenharia Civil, com enfoque especial na colocação em obra da geomembrana PEAD. Assim, levaram-se a cabo provas de soldadura em 100% das soldaduras efetuadas. Adicionalmente realizam-se alguns ensaios destrutivos de campo para validar a qualidade das soldaduras.

A colocação das camadas minerais em obra é também objeto de uma verificação mediante um **Programa de qualidade para a execução da obra civil**.

Uma vez finalizada a colocação da camada de gravilha é levada a cabo uma campanha de verificação geofísica para a detecção de possíveis ruturas no sistema de impermeabilização, que habitualmente leva à reparação de uma ou duas pequenas perfurações.

Em relação ao desenho, incluiu-se o uso de geotêxtil anti perfuração para proteção da geomembrana.

Se, apesar de todas as medidas implementadas ocorrer uma fuga no sistema de impermeabilização, a presença de uma rede de controlo de fugas permite a detecção e captação durante a fase de exploração do aterro.

Adicionalmente e com vista a avaliar um possível impacto de uma fuga na envolvente do aterro (contaminação de solo e águas subterrâneas) a Ecodeal dispõe de um sistema de monitorização da qualidade das águas subterrâneas constituído por uma rede 14 piezómetros e por uma rede de controlo da qualidade das águas subsuperficiais.

Por tudo o descrito, considera-se que está garantido o comportamento a curto prazo do sistema de impermeabilização das células quer durante a fase de construção como de exploração.

1.3 Comportamento a médio e longo prazo. Durabilidade das geomembranas

A informação a apresentar tem como base o documento de referência do Geosynthetic Institute “GRI White Paper # 6: Geomembrane Lifetime Prediction: Unexposed and Exposed Conditions (2011) Robert M. Koerner”

Em geral, as geomembranas são compostas por uma resina principal, que se dá pelo nome de negro de carbono ou colorante; e uma série de aditivos e estabilizadores e antioxidantes, que atuam a curto e longo prazo para evitar a degradação das poliolefinas presentes. No caso das geomembranas PEAD, a composição é respetivamente 95-98% de resina, 2-3% de negro de carbono e entre 0.5 a 1% de aditivos.

O mecanismo principal que afeta a durabilidade das poliolefinas é a oxidação. Também afetam notavelmente o comportamento das geomembranas a temperatura de serviço da geomembrana e a exposição à luz ultravioleta.

É importante realizar neste ponto uma referência em relação a dois conceitos que são comumente usados para avaliar a durabilidade das geomembranas:

- Vida de serviço (“Service life”): Tempo durante o qual as propriedades da geomembrana se mantêm dentro dos valores estabelecidos no desenho.
- Vida média (“Half life”): Período de tempo para o qual uma propriedade específica da geomembrana experimenta uma redução de 50%. Há que destacar que, mesmo neste ponto, a geomembrana está operativa, no entanto não se pode assegurar que verifique todos os valores de projeto, incluindo o factor de segurança.

Segundo os estudos realizados, podem diferenciar-se três etapas na vida de serviço de uma geomembrana:

- A) Período de esgotamento dos oxidantes (“Antioxidant Depletion Time”). Os oxidantes evitam as reações de oxidação das poliolefinas até que se consumam completamente. A partir deste momento o oxigénio ataca as cadeias de polímeros, iniciando-se a fase seguinte;
- B) Tempo de indução (“Induction Time”). No princípio a reacção ocorre muito lentamente, quase de forma impercetível. O polímero degradasse formando hidroperóxido (ROOH), mas numa quantidade que se mantém muito baixa. Quando se alcança uma concentração crítica, começa a decompor-se gerando radicais livres;
- C) Tempo para alcançar a vida média (“Time to reach 50% Degradation – Half-life”). A partir deste momento, os radicais livres reagem com as cadeias de poliolefinas, modificando as suas características

físicas e mecânicas. Mais concretamente, tanto a resistência à tração como ao alongamento na rotura diminuem progressivamente. Este processo é acelerado progressivamente, abrindo no final.

No último momento, a degradação afecta todas as propriedades mecânicas da geomembrana, de forma que não se pode garantir o cumprimento dos requisitos de projeto. Com isto se alcança o fim de vida “vida de serviço” da geomembrana.

Na figura podem observar-se as diferentes etapas comentadas:

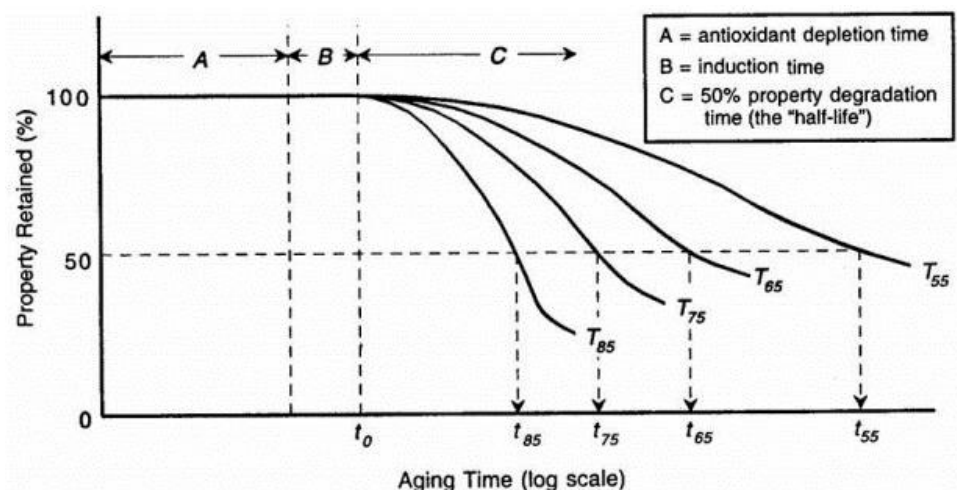


FIGURA 3 – ETAPAS HABITUAIS NO PROCESSO DE ENVELHECIMENTO DAS GEOMEMBRANAS

A quantidade mínima de antioxidantes que uma geomembrana PEAD deve conter está standardizada, com o intuito de garantir uma durabilidade mínima. A temperatura tem um efeito muito importante sobre a vida da geomembrana: quanto maior a temperatura de serviço, menos será a vida do material. Na tabela seguinte apresentam-se as diferentes estimativas de tempo de vida de serviço, para as etapas envolvidas no envelhecimento de uma geomembrana para diferentes temperaturas de serviço.

TABELA 2 – ESTIMATIVA DA VIDA DE SERVIÇO DA GEOMEMBRANA PEAD A DIFERENTES TEMPERATURAS

In Service Temperature (°C)	Stage “A” (years)			Stage “B” (years)	Stage “C” (years)	Total Prediction* (years)
	Standard OIT	High Press. OIT	Average OIT			
20	200	215	208	30	208	446
25	135	144	140	25	100	265
30	95	98	97	20	49	166
35	65	67	66	15	25	106
40	45	47	46	10	13	69

*Total = Stage A (average) + Stage B + Stage C

Segundo diferentes trabalhos de monitorização realizados em aterros de resíduos urbanos, a temperatura de serviço mantém-se entre 20 e 30° C ao longo da sua evolução temporal, pelo que se poderia estabelecer uma vida de serviço para a geomembranas entre 166 e 446 anos.

Quando se considera a situação em que a geomembrana não se encontra enterrada, nem exposta ao ar, os ensaios realizados até à data, todavia ainda em desenvolvimento, prevêm durações superiores a 36 anos para a vida de serviço das geomembranas PEAD.

De forma mais específica, no caso dos sistemas de impermeabilização das bacias de deposição da Ecodeal, é possível realizar as seguintes considerações:

- Ao tratarem-se de resíduos pré-estabilizados, não biodegradáveis, não se produzem as habituais reações de degradação da matéria orgânica que ocorrem nos aterros de resíduos urbanos e que originam o aumento de temperatura no interior do aterro;
- Entre as geomembranas e a massa de resíduos encontra-se a drenagem de lixiviados, formada por uma camada de gravilha de 0.5 m na base e um geocomposto drenante nos taludes, que atuam como barreira térmica da geomembrana no que respeita à temperatura interna dos resíduos;
- As propriedades mecânicas da geomembrana estão garantidas durante um período de pelo menos 69 anos, se bem que o mais provável é que seja superior a 200 anos.

EFEITO DOS COMPOSTOS QUÍMICOS NA DURABILIDADE DA GEOMEMBRANA PEAD

No que respeita à sua resistência química aos diferentes compostos, as geomembranas PEAD estão desenhadas especificamente para garantir o seu desempenho a longo prazo quando se aplicam na impermeabilização e selagem dos aterros.

De forma teórica, a degradação química das geomembranas poliméricas depende dos seguintes fatores:

- Espécie química considerada e sua concentração;
- Temperatura e tempo de contacto entre a geomembrana e a substância química.

Segundo a bibliografia consultada, à temperatura ambiente o possível efeito é substancialmente menor como se pode comprovar na tabela que se segue:

Tabela 3 – Resistência química de geomembranas habitualmente utilizadas

Chemical	Geomembrane Type							
	HDPE		PVC		CSPE-R		EPDM-R	
	38°C	70°C	38°C	70°C	38°C	70°C	38°C	70°C
General								
Allphatic hydrocarbons	✓	✓						
Aromatic hydrocarbons	✓	✓						
Chlorinated solvents	✓	✓					✓	
Oxygenated solvents	✓	✓					✓	✓
Crude petroleum solvents	✓	✓						
Alcohols	✓	✓	✓	✓			✓	✓
Acids								
Organic	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Inorganic	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Heavy Metals	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Salts	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓

Abbreviation: ✓ = generally good resistance.
Source: After Vandervoort [28].

Fonte: *Designing with geosynthetics. Fifth Edition. Robert M. Koerner (2005)*

Anexa-se documentação facultada pelo fabricante em relação ao desempenho das geomembranas instaladas nos aterros da Ecodeal, na presença de diferentes produtos químicos.

Distinguem-se dois tipos de interação:

- Sem restrições, que corresponde à maioria dos compostos químicos listados. Considera-se que nenhuma das características das geomembranas sofrem alteração neste casos.
- Satisfatória. As geomembranas **mantêm a sua função impermeabilizante** apesar dos contactos com estas substâncias.

Apesar dos resultados positivos em todos os casos, importa realçar que os ensaios foram realizados com substâncias muito concentradas, e em muitas condições mesmo puras. Ora, isto não sucede na

realidade, onde o contacto se produz unicamente com o lixiviado, de base principalmente aquosa e com concentrações muito diluídas dos diferentes contaminantes. Para além disso, como se desenvolve mais à frente, este contacto ocorre apenas durante a fase de exploração, desaparecendo pouco depois da selagem definitiva de cada uma das células que constituem o aterro.

Pelo exposto, considerando que o fabrico da geomembrana PEAD está especificamente dirigido para garantir a estabilidade frente à ação química, que de todos os ensaios de resistência e compatibilidade química realizados pelo fabricante são positivos e ainda que a dinâmica operacional do aterro leva a que o lixiviado seja o único residuo em contacto com a tela (lixiviado este que apresenta concentrações muito baixas das diferentes espécies químicas), **pode afirmar-se que a estabilidade química da geomembrana PEAD está garantida a curto e longo prazo.**

1.4 Modelo conceptual do comportamento a emissões das bacias de deposição de resíduos

Para análise das possíveis emissões que poderiam produzir-se nas bacias de deposição da Ecodeal analisam-se os seguintes cenários na vida das mesmas:

- Etapa 1: Construção da bacia. Tempo = 0 anos
- Etapa 2: Exploração da bacia. Vida útil média: 5-6 anos
- Etapa 3: Pós-clausura. Tempo=7-36 anos
- Etapa 4: Uma vez finalizada a pós-clausura. Fim da vida de serviço das geomembranas. Tempo >36 anos.

ETAPA 1: Construção da bacia

Conforme descrito anteriormente, a formação das camadas de barreira mineral e sobretudo a instalação dos geossintéticos é submetida a um exigente processo de controlo de qualidade, que se inicia com a aceitação dos materiais colocados em obra. O procedimento implementado de verificação nas duas fases permite eliminar todas as possibilidades de rotura que se possam ter originado durante a impermeabilização, em particular na geomembrana PEAD de 2 mm.

ETAPA 2: Exploração da bacia

Durante a exploração e enchimento da bacia poderá produzir-se uma rotura accidental, que seria imediatamente detectada na origem (frente de trabalho) e permitiria uma correção imediata da situação. No entanto, existindo uma drenagem do controlo de fugas situada entre a geomembrana PEAD de 2 mm e o geocomposto bentonítico, é possível detetar alguma situação anómala e proceder à sua captação e condução imediata para local apropriado (bacia de lixiviados).

Estas ruturas apenas poderiam ocorrer quando a exploração é efetuada abaixo do nível dos diques intermédios e abaixo do nível da berma perimetral do aterro.

Para além disso quanto maior for a cota da rutura menor será a probabilidade de fuga de lixiviado uma vez que em termos de exploração opta-se por manter um baixo nível de lixiviado no aterro.

O enchimento progressivo da bacia pode originar assentamentos do terreno de tipo secundário, por efeito do peso da massa de resíduos, que seriam perfeitamente absorvidos pelo sistema de impermeabilização uma vez que as suas propriedades mecânicas estão asseguradas atendendo à durabilidade prevista dos geossintéticos.

ETAPA 3: Período de controlo e vigilância pós-clausura

Ao impedir a entrada de água no aterro devido à selagem, a geração de lixiviado vai reduzindo progressivamente até desaparecer. Durante os 30 anos de duração do período de controlo e vigilância pós-clausura terminada também qualquer tipo de assentamento associado ao peso dos resíduos da própria cobertura. Como já foi referido, a vida de serviço dos geotêxteis presentes é superior ao período de exploração mais a pós-clausura, pelo que se encontra assegurado o correto comportamento dos materiais durante estas etapas.

ETAPA 4: Período após o controlo e vigilância pós-clausura

Neste momento, após 30 anos sem atividade, é expectável que se tenha atingido a estabilidade geotécnica e hidráulica da bacia de deposição.

Considera-se neste momento, para efeitos teóricos, que estamos numa situação temporal em que se finalizou a vida de serviço das geomembranas presentes para avaliar o seu efeito nas possíveis emissões provenientes da bacia de deposição. Supõe-se, por exemplo, que estamos no ano Tempo=200 anos após o início da exploração.

Em primeiro lugar à que recordar que as geomembranas mantêm a sua funcionalidade, se bem que podem não cumprir com os valores de projeto, incluindo o factor de segurança. Geralmente, as propriedades mais afectadas serão a resistência mas à que ter em conta que uma vez alcançada a estabilidade geotécnica as solicitações mecânicas a que serão expostos os geossintéticos serão praticamente nulas uma vez que já não existem movimentos.

Finalmente, a existência de uma camada de reforço de impermeabilização mineral debaixo da geomembrana que isola hidráulicamente a massa de resíduos, reduz ainda mais a possibilidade de contacto.

No que respeita ao fluxo de águas subperficiais através do aterro e à sua possibilidade de contacto com a massa de resíduos em caso da degradação total das geomembranas PEAD, o isolamento hidráulico está assegurado devido à existência de diferentes camadas barreira minerais, cuja

durabilidade está assegurada. Acresce a este ponto o sistema de drenagem passivo que assegura a captação e encaminhamento deste tipo de águas, reduzindo ao mínimo possível o contacto destas águas com a impermeabilização mineral.

Face às medidas de caráter geral implementadas na instalação e às medidas específicas implementadas para cada substância e/ou resíduo não se considera que existam na instalação substâncias e/ou resíduos perigosos relevantes suscetíveis de provocar a contaminação do solo e/ou águas subterrâneas do local onde se encontra a instalação.

No que respeita ao comportamento a curto/médio e longo prazo do sistema de impermeabilização das células considerasse que a combinação dos diversos níveis barreira, níveis funcionais garantem uma proteção a curto/médio e longo prazo dos solos e águas subterrâneas. Associado a este sistema importa realçar a existência de mecanismos de monitorização e verificação que permitem comprovar periodicamente a integridade do sistema de impermeabilização durante as várias fases: construção, exploração e pós-clausura.

Performance of CARBOFOL[®] geomembranes in contact with chemicals

Status: 04/2005

Page 1 of 11

Chemicals		Chemical Concentration	saturated aqueous solution	aqueous solution	gaseous	HDPE 406
Acetic acid		100				+
Acetic acid		25-60				+
Acetic acid anhydride		100				+
Acetic acid aqueous solution		10				+
Acetic acid ethyl acetate		100				(+)
Acetone		100				(+)
Acids organic	50 Vol.% acetic acid 50 Vol.% propionic acid					+
Adipic acid			●			+
Alkali anorganic	60%ige caustic soda					+
Alcohol	30 Vol. % methanol 30 Vol. % Isopropanol 40 Vol. % Ethanediol					+
Alcohol monovalent and polyvalent						+
Aldehyde, aliphatic	35-40 %ige commercial formaldehyde solution					+
Allyl alcohol		100				+
Aluminium chloride			●			+
Aluminium fluoride			●			+
Aluminium sulphate		40				+
Amine (Dimethylamine)						+
Ammonia				●		+
Ammonia		100				+
Ammonium chloride			●			+
Ammonium fluoride				●		+

Date: CHEMICAL PERFORMANCE HDPE 406.DOC

+ unrestricted

The CARBOFOL[®] geomembrane characteristics hardly change when in contact with these mediums.

± satisfactory

The sealing function of the CARBOFOL[®] geomembrane is maintained in contact with these mediums.

Performance of CARBOFOL[®] geomembranes in contact with chemicals

Status: 04/2005

Page 2 of 11

Chemicals		Chemical Concentration	saturated aqueous solution	aqueous solution	gaseous	HDPE 406
Ammonium nitrate			●			+
Ammonium sulphate						+
Ammonium sulphide				●		+
Amyl acetate		100				+
Amyl alcohol		100				+
Aniline		100				+
Antimony trichloride		90				+
Aqueous solution organic surfacant						+
Aromatic Ester and Ketone	50 Vol.% salol 50 Vol.% acetophenone					+
Arsenic oxide						+
Aviation kerosene concerning BPG						(+/-)
Barium carbonate			●			+
Barium chloride			●			+
Barium hydroxide			●			+
Barium sulphate			●			+
Barium sulphide			●			+
Beer						+
Benzaldehyde		100				+
Benzene and mixtures containing benzene						+
Benzene-1, 4-Diol			●			+
Benzoic acid			●			+
Benzyl alcohol						+

Date: CHEMICAL PERFORMANCE HDPE 406.DOC

+ unrestricted

The CARBOFOL[®] geomembrane characteristics hardly change when in contact with these mediums.

± satisfactory

The sealing function of the CARBOFOL[®] geomembrane is maintained in contact with these mediums.

Performance of CARBOFOL[®] geomembranes in contact with chemicals

Status: 04/2005

Page 3 of 11

Chemicals		Chemical Concentration	saturated aqueous solution	aqueous solution	gaseous	HDPE 406
Borax			●			+
Boric acid			●			+
Butane					●	+
Butanol-1		100				+
Butyl acrylat		100				+
Butyric acid		100				+
Calcium carbonate			●			+
Calcium chlorate			●			+
Calcium chloride						+
Calcium hypochloride		12,5				+
Calcium nitrate			●			+
Calcium sulphate			●			+
Calcium sulphide		<10				(+)
Caustic soda		bis 40				+
Caustic soda		20				+
Chlorine					●	+
Chlorine acetic acid				●		+
Chromic acid		50				+
Chromic acid		20				+
Citric acid						+
CO					●	+
CO ₂					●	+

Date: CHEMICAL PERFORMANCE HDPE 406.DOC

+ unrestricted

The CARBOFOL[®] geomembrane characteristics hardly change when in contact with these mediums.

± satisfactory

The sealing function of the CARBOFOL[®] geomembrane is maintained in contact with these mediums.

Performance of CARBOFOL^â geomembranes in contact with chemicals

Status: 04/2005

Page 4 of 11

Chemicals		Chemical Concentration	saturated aqueous solution	aqueous solution	gaseous	HDPE 406
Copper chloride						+
Copper cyanide						+
Copper nitrate			●			+
Copper sulphate			●			+
Crude oil conc. TRbF.						+
Cyclo hexane		100				+
Cyclo hexanol		100				+
Cyclo hexanon		100				+
Decahydronaphtalene		100				+
Dextrin				●		+
Dichloroacetic acid						+
Dioctylphtalate		100				+
Dionyladipate						+
Ester and Ketone	50 Vol.% Ethyl acetate 50 Vol.% Methylisobutylketone					+
Ethanediol		100				+
Ethanol		96				+
Ethyl acetate		100				+
Ethylene chloride		100				(+)
Ethylene diamine		100				+
Ethyleneglucol		100				+
Fatty acid > C ₆						+
Ferric chloride			●			+

Date: CHEMICAL PERFORMANCE HDPE 406.DOC

+ unrestricted

The CARBOFOL^â geomembrane characteristics hardly change when in contact with these mediums.

± satisfactory

The sealing function of the CARBOFOL^â geomembrane is maintained in contact with these mediums.

Performance of CARBOFOL^â geomembranes in contact with chemicals

Status: 04/2005

Page 5 of 11

Chemicals		Chemical Concentration	saturated aqueous solution	aqueous solution	gaseous	HDPE 406
Ferric chloride		10				+
Ferric nitrate				•		+
Ferric sulphate			•			+
Fluoride						(+-)
Fluorosilic acid		40				+
Formaldehyde		bis 40				+
Formate						+
Formic acid		50				+
Formic acid				•		+
Freon		100				+
Fruit juice						+
Fuel oil	30 Vol.% Dieseleengine 35 Vol. % Paraffin oil 30 Vol. % Lubricationoil					(+-)
Furfuryl alcohol						
Glacial acetic acid		96				+
Gluconic acid						+
Glucose aqueous solution						+
Glycerine		100				+
Glycol				•		+
Glycol acid		70				(+-)
Glycol aqueous solution		50				+
Heptane		100				+
Hexane		100				+

Date: CHEMICAL PERFORMANCE HDPE 406.DOC

+ unrestricted

The CARBOFOL^â geomembrane characteristics hardly change when in contact with these mediums.

± satisfactory

The sealing function of the CARBOFOL^â geomembrane is maintained in contact with these mediums.

Performance of CARBOFOL[®] geomembranes in contact with chemicals

Status: 04/2005

Page 6 of 11

Chemicals		Chemical Concentration	saturated aqueous solution	aqueous solution	gaseous	HDPE 406
Hydrocarbon and used motor- and gear oils	60 Vol.% Toluene 30 Vol.% Xylene 10 Vol.% Methylnaphtaline					+
Hydrofluoric acid		40				(+)
Hydrofluoric acid		10				+
Hydrogen peroxide		90				+
Hydrogen peroxide		bis 30				+
Hydrogene iodide						(+)
Hydrochloride acid		bis 30				+
Isooctane		100				+
Kerosene		100				(+)
Lactic acid		100				+
Leachate concerning NRW Guideline 2.group, No.12						+
Lead acetat			●			+
Lithium salts		100				+
Magnesium carbonate			●			+
Magnesium chloride			●			+
Magnesium hydroxide			●			+
Magnesium nitrate			●			+
Magnesium sulphate liqu.						+
Maleis acid		100				+
Mercury		100				+
Mercury chloride			●			+

Date: CHEMICAL PERFORMANCE HDPE 406.DOC

+ unrestricted

The CARBOFOL[®] geomembrane characteristics hardly change when in contact with these mediums.

± satisfactory

The sealing function of the CARBOFOL[®] geomembrane is maintained in contact with these mediums.

Performance of CARBOFOL^â geomembranes in contact with chemicals

Status: 04/2005

Page 7 of 11

Chemicals		Chemical Concentration	saturated aqueous solution	aqueous solution	gaseous	HDPE 406
Mercury cynide			●			+
Mercury nitrate			●			+
Methanol		100				+
Methylamine		100				(+-)
Methylcyclohexane						+
Milk						+
Mineral oil						+
Mineral oil anorganic	50 Vol.% sulphuric acid 50 Vol.% nitric acid					+
Molasses						+
Motoroil						+
Naphta						+
Naphtaline		100				+
Nickel chloride			●			+
Nickel nitrate			●			+
Nickel sulphate			●			+
Nicotinic acid		<10				+
Nitric acid		50				+
Nitric acid		bis 30				+
Oleic acid		100				+
Orthophosphoric acid		50				+
Orthophosphoric acid		95				+
Oxalic acid			●			+

Date: CHEMICAL PERFORMANCE HDPE 406.DOC

+ unrestricted

The CARBOFOL^â geomembrane characteristics hardly change when in contact with these mediums.

± satisfactory

The sealing function of the CARBOFOL^â geomembrane is maintained in contact with these mediums.

Performance of CARBOFOL^â geomembranes in contact with chemicals

Status: 04/2005

Page 8 of 11

Chemicals		Chemical Concentration	saturated aqueous solution	aqueous solution	gaseous	HDPE 406
Petrol / Gasoline and aromatic hydrocarbons	40 Vol. % Trimethyl Pentane 20 Vol. % Benzene 20 Vol. % Methylbenzene 15 Vol. % Dimethylbenzene 10 Vol. % Methylnaphtalene					+
Petrol / Gasoline according to DIN No. 51600 and 51607 Test liquid conc. BPG						+
Phenol				•		+
Phosphoric acid, aqu.sol.		bis 30				+
Phosphoric trichloride		100				+
Photographic developer						+
Phthalic acid		bis 50				+
Picric acid			•			+
Potassium bicarbonate			•			+
Potassium bisulphide				•		+
Potassium bromate			•			+
Potassium chlorate						+
Potassium chloride			•			+
Potassium cyanide				•		+
Potassium dichromate						+
Potassium fluoride			•			+
Potassium hydroxide		50				+
Potassium hydroxide		10				+
Potassium hydroxide			•			+

Date: CHEMICAL PERFORMANCE HDPE 406.DOC

+ unrestricted

The CARBOFOL^â geomembrane characteristics hardly change when in contact with these mediums.

± satisfactory

The sealing function of the CARBOFOL^â geomembrane is maintained in contact with these mediums.

Performance of CARBOFOL[®] geomembranes in contact with chemicals

Status: 04/2005

Page 9 of 11

Chemicals		Chemical Concentration	saturated aqueous solution	aqueous solution	gaseous	HDPE 406
Potassium hypochloride			●			+
Potassium nitrate			●			+
Potassium orthophosphate			●			+
Potassium perchlorate			●			+
Potassium permanganate		20				+
Potassium persulphate			●			+
Potassium sulphate			●			+
Potassium sulphide				●		+
Praffin oil / Kerosene		100				+
Propanol		100				+
Propionic acid		50				+
Propionic acid		100				+
Pyridine		100				+
Salicylic acid						+
Salt liquid anorganic	saturated NaCl/Na ₂ SO ₄ -solution (1:1) liquid					+
Seawater						+
Silver acetate			●			+
Silver cyanide			●			+
Silver nitrate			●			+
Sodium benzoic acid			●			+
Sodium biphosphate			●			+
Sodium bisulphide				●		+

Date: CHEMICAL PERFORMANCE HDPE 406.DOC

+ unrestricted

The CARBOFOL[®] geomembrane characteristics hardly change when in contact with these mediums.

± satisfactory

The sealing function of the CARBOFOL[®] geomembrane is maintained in contact with these mediums.

Performance of CARBOFOL[®] geomembranes in contact with chemicals

Status: 04/2005

Page 10 of 11

Chemicals		Chemical Concentration	saturated aqueous solution	aqueous solution	gaseous	HDPE 406
Sodium borate						+
Sodium bromide			●			+
Sodium carbonate			●			+
Sodium carbonate		10				+
Sodium chlorate			●			+
Sodium chlorate		bis 10				+
Sodium chloride			●			+
Sodium chloride		20				+
Sodium cyanide			●			+
Sodium fluoride			●			+
Sodium hydroxide		40				+
Sodium hydroxide			●			+
Sodium hypochlorite		15				+
Sodium hypochlorite		5				+
Sodium nitrate			●			+
Sodium nitrite			●			+
Sodium orthophosphate			●			+
Sodium salt						+
Sodium silicate						+
Sodium sulphate			●			+
Sodium sulphide			●			+
Stearic acid		100				+

Date: CHEMICAL PERFORMANCE HDPE 406.DOC

+ unrestricted

The CARBOFOL[®] geomembrane characteristics hardly change when in contact with these mediums.

± satisfactory

The sealing function of the CARBOFOL[®] geomembrane is maintained in contact with these mediums.

Performance of CARBOFOL[®] geomembranes in contact with chemicals

Status: 04/2005

Page 11 of 11

Chemicals		Chemical Concentration	saturated aqueous solution	aqueous solution	gaseous	HDPE 406
Sulphur carbon		100				(+)
Sulphur dioxide		100				+
Sulphur trioxide		100				+
Sulphuric acid		10				+
Sulphuric acid		50				+
Sulphuric acid		bis 40				+
Sulphuric acid		20				+
Sulphurous acid						+
Tannic acid				●		+
Thionyl chloride		100				+
Triethylamine				●		+
Turpentine						+
Urea						+
Urine						+
Water						+
Wine						+
Yeast extract						+
Zinc carbonate			●			+
Zinc chloride			●			+
Zinc oxide			●			+
Zinc salts, liquid						+
Zinc sulphate			●			+

Date: CHEMICAL PERFORMANCE HDPE 406.DOC

+ unrestricted

The CARBOFOL[®] geomembrane characteristics hardly change when in contact with these mediums.

± satisfactory

The sealing function of the CARBOFOL[®] geomembrane is maintained in contact with these mediums.