

Universidade do Algarve

Faculdade de Ciências e Tecnologia

“Evolução dos compostos nos lixiviados dos
Aterros Sanitários do Barlavento e Sotavento
Algarvio”

CRISTELE MARIA DOS SANTOS

Orientação: Prof. Dr.^a Margarida Ribau Teixeira

Dissertação elaborada no âmbito do Mestrado Integrado em
Engenharia do Ambiente na área de Tecnologias Ambientais.

Faro

Setembro de 2011

Universidade do Algarve

Faculdade de Ciências e Tecnologia

“Evolução dos compostos nos lixiviados dos
Aterros Sanitários do Barlavento e Sotavento
Algarvio”

Dissertação elaborada no âmbito do Mestrado Integrado em
Engenharia do Ambiente na área de Tecnologias Ambientais.

Autora:

Cristele Maria dos Santos

Orientadora:

Prof. Dr.^a Margarida Ribau Teixeira

Faro

Setembro de 2011

O conteúdo deste trabalho é da exclusiva responsabilidade da autora.

Cristele Santos

AGRADECIMENTOS

Embora uma tese tenha finalidade académica e seja um trabalho individual, há contributos que não podem deixar de ser realçados. Por essa razão, aqui se citam os nomes, em jeito de homenagem.

A Professora Dr.^a Margarida Ribau Teixeira, não só pela disponibilidade e generosidade reveladas ao longo do presente trabalho mas, também pelas críticas e sugestões feitas durante a orientação.

Agradeço também a ALGAR - valorização e tratamento de resíduos sólidos, S.A. pelo fornecimento dos dados, principalmente ao Eng.º Eduardo Viegas e ao Eng.º Miguel Nunes pela disponibilidade que mostraram e inteiramente prontos a ajudar. À Sr.^a Ana Neves do INE da Delegação de Faro pela disponibilidade imediata no envio dos dados estatísticos.

Aos meus amigos e colegas pelos momentos de alegria, tristeza, afecto e entreaajuda. Gostaria de agradecer em especial ao Tiago e a Sílvia Reis pelas palavras de apoio, incentivo e motivação neste percurso que me despertaram nos dias menos bons.

Finalmente quero fazer um agradecimento muito especial, aos meus pais José e Maria Alice dos Santos e a minha irmã, Sandra Santos pela ternura, compreensão e acolhimento sempre manifestado, apesar da minha ausência, e principalmente pelo grande esforço que fizeram para me dar uma melhor formação profissional. Um grande obrigado!

“Aqueles que passam por nós não vão sós, não nos deixam sós. Deixam um pouco de si e levam um pouco de nós.” Antoine de Saint-Exupéry

Obrigado!

RESUMO

Os aterros sanitários em estudo são geridos pela empresa ALGAR - valorização e tratamento de resíduos sólidos, S.A.. A principal metodologia utilizada consiste na observação de relatórios de monitorização dos dois aterros desde a sua fase de activação até ao ano 2009. Os lixiviados são uma preocupação devido à sua composição, pois são muito tóxicos com grandes concentrações de matéria orgânica e metais. A composição destes depende, em parte, da composição dos resíduos sólidos urbanos, mas o espaço temporal em aterro sanitário também contribui em grande parte para a sua composição. Os lixiviados em aterro sofrem transformações químicas, físicas e biológicas, reacções que estão condicionadas às condições existentes dentro das células do aterro. A conversão e estabilização dos resíduos estão associadas a várias fases progressivas, fases acetogénica, transição metanogénica, metanogénica estável e maturação, alterações que se reflectem na composição das águas lixiviantes. O presente estudo tem, como objectivo principal, avaliar a composição dos lixiviados desde o início da exploração dos aterros sanitários do Barlavento e Sotavento Algarvio. Verifica-se que a deposição nos dois aterros tem vindo a aumentar e conseqüentemente a matéria orgânica biodegradável (MOB). As concentrações dos compostos estudados (CBO₅, CQO, razão CBO₅/CQO, SST, azoto total, amónia, fósforo total, pH, condutividade, cálcio, magnésio, potássio, sódio, cloretos, sulfatos e metais pesados) apresentam variações ao longo dos anos em estudo, verificando-se períodos de aumento e diminuição. A CQO é o composto que apresenta valores mais altos de concentrações, seguido do CBO₅ para o Aterro do Barlavento. O azoto total e amónia também apresentam concentrações elevadas nos lixiviados dos dois aterros. Nas concentrações dos metais pesados não se verifica uma tendência. Em ambos os aterros sanitários verificou-se que os compostos não se encontram todos com concentrações típicas da mesma fase de degradação, comportando-se de forma semelhante nos dois aterros.

Palavras-chave: Aterro Sanitário Barlavento, Aterro Sanitário do Sotavento, Concentração, Lixiviados, Matéria Orgânica Biodegradável e Resíduos Sólidos Urbanos.

ABSTRACT

The study landfills are managed by the company of ALGAR - recovery and solid waste treatment, S.A.. The principal methodology used is the observation of the monitoring reports of the two landfills since its activation phase until the year 2009. The leachates are a trouble due to its composition, they are very toxic with high concentrations of organic matter and metals. Its composition depends in part on the composition of municipal solid waste, but the landfill time line also contributes largely to its composition. The leachates in landfill suffer chemical, physical and biological reactions that are subject to the conditions existing within the landfill cells. The wastes conversion and stabilization are associated to several progressive stages, stages acetogenic, methanogenic transition, stable methanogenic and maturation, which reflect changes in the composition of leaching water. The present study has as main objective to assess the composition of the leachate from the beginning of the operation of landfills in the “Barlavento” and “Sotavento” of Algarve. It is observed that the deposition in two landfills has increase and consequently the biodegradable organic matter (BOM). The concentrations of the compounds studied (BOD₅, COD, BOD₅/COD ratio, TSS, total nitrogen, ammonia, total phosphorus, pH, conductivity, calcium, magnesium, potassium, sodium, chlorides, sulfates and heavy metals) present changes over the years study, verifying periods of increase and decrease. The COD is the compound that has higher values concentrations, followed by the BOD₅ for the ASBA. The total nitrogen and ammonia also have high concentrations in leachates from two landfills. In the concentrations of heavy metals there is no trend. In both landfills was found that the compounds are not all with typical concentrations of the same phase of degradation, behaving similarly in the two landfills.

Keywords: Barlavento landfill, biodegradable organic matter, concentration, leachates municipal solid waste and Sotavento landfill.

SIMBOLOS E ABREVIATURAS

ALGAR S.A – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos.

As – Arsénio

AS – Aterro Sanitário

ASBA – Aterro Sanitário do Barlavento Algarvio

ASSA – Aterro Sanitário do Sotavento Algarvio

CBO – Carência Bioquímica de Oxigénio

CBO₅/CQO- Biodegradabilidade

Cd – Cádmió

CH₄ – Metano

Cl – Cloretos

COT – Carbono Orgânico Total

CQO – Carência Química de Oxigénio

Cr – Crómio

Cu – Cobre

Fe – Ferro

Hg – Mercúrio

MOB – Matéria orgânica biodegradável

Ni – Níquel

N₂- Azoto

Pb – Chumbo

PERSU – Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos

P– Fósforo

QREN – Quadro de Referência Estratégico Nacional

RSU – Resíduo Sólidos Urbanos

SST – Sólidos Suspensos Totais

VLE – Valor limite de emissão

Zn – Zinco

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações Gerais.....	1
1.2. Objectivos	2
1.3. Organização da Dissertação	2
2. ESTADO DA ARTE.....	3
2.1. Resíduos sólidos urbanos	3
2.1.1. Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos	3
2.1.2. Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos	4
2.2. Aterros Sanitários	5
2.2.1. Sistemas de impermeabilização das águas lixivantes	6
2.3. Lixiviados.....	7
2.3.1. Caracterização dos lixiviados	8
2.3.2. Factores que condicionam a produção e composição dos lixiviados	9
2.3.3. Evolução da composição dos lixiviados ao longo da biodegradação	11
2.3.4 Tratamentos das águas lixivantes.....	18
2.4. Casos de estudo	20
3. CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO	27
3.1. Região Algarvia.....	28
3.2. Caracterização dos Aterros Sanitários do Barlavento e Sotavento Algarvio	31
3.3. Caracterização climatológica da zona em estudo	33
3.2.1. Temperatura	33
3.2.2. Humidade relativa do ar	34
3.2.3. Precipitação.....	36
4. METODOLOGIA	38
4.1. Tarefas: Objectivos e Metas.....	38
4.2. Recolha e análise de dados relativamente à composição dos lixiviados	38

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1. Evolução dos Resíduos Sólidos Urbanos.....	41
5.2. Características dos resíduos	43
5.2.1. Matéria Orgânica Biodegradável	44
5.3. Compostos dos lixiviados	47
5.3.1. CBO ₅	47
5.3.2. CQO	50
5.3.3. Biodegradabilidade.....	53
5.3.4. Sólidos suspensos totais	56
5.3.5. Azoto total	58
5.3.6. Amónia	59
5.3.7. Fósforo total.....	62
5.3.8. pH.....	62
5.3.9. Condutividade	64
5.3.10. Cálcio.....	66
5.3.11. Magnésio.....	67
5.3.12. Potássio	69
5.3.13. Sódio.....	70
5.3.14. Cloretos.....	72
5.3.15. Sulfatos	74
5.3.16. Metais pesados	75
5.4. Síntese geral da análise da evolução dos compostos	79
5.5. Eficiência da osmose inversa	79
5.6. Limitações do estudo	81
6. CONCLUSÃO	81
7. PERSPECTIVAS FUTURAS	83
8. BIBLIOGRAFIA	84

ANEXOS..... 94

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Evolução da tipologia e infra-estruturas de gestão de resíduos em Portugal de 1996 a 2005 (adaptado de MAOTDR, 2007).....	4
Quadro 2. Composição típica de lixiviados em diferentes fases do AS (adaptado de EPA, 1995; Tchobanoglous, et al. 1993).	15
Quadro 3. Composição dos lixiviados (Carência química Oxigénio – CQO; Carência Bioquímica Oxigénio – CBO; Biodegradabilidade – CBO/CQO; pH; Sólidos suspensos – SS; Azoto Kjeldahl Total – NKT) (adaptado de Renou, 2008).....	16
Quadro 4. Os metais pesados na composição dos lixiviados dos aterros sanitários (adaptado de Renou, 2008).....	18
Quadro 5. Eficiências dos processos de tratamentos das estações analisadas (adaptado de Levy, 2004)	20
Quadro 6. Relação do CQO nos casos de estudo apresentados.	24
Quadro 7. Relação do azoto amoniacal nos casos de estudo apresentados.	25
Quadro 8. Relação do pH nos casos de estudos apresentados.	26
Quadro 9. Relação dos metais nos casos de estudo apresentados	27
Quadro 10. Tarefas e respectivos objectivos e metas desenvolvidas no presente estudo.	38
Quadro 11. Características dos RSU em Portugal (adaptado de INR, 2000).....	43
Quadro 12. Valores relativos aos componentes de MOB (adaptado de EST, 2009a, 2009b).	44
Quadro 13. Fase que se encontra os valores de cada composto em 2008/2009.....	79
Quadro 14. Percentagem de remoção de CQO, CBO ₅ , SST e Azoto total no ASBA em 2009.....	80
Quadro 15. Percentagem de remoção de CQO, CBO ₅ , SST e Azoto total no ASSA em 2009.....	80
Quadro 16. Fracção orgânica dos RSU na Europa (adaptado de Barth, 2000).....	95
Quadro 17. Os resíduos sólidos urbanos que são depositados nos dois aterros.	96
Quadro 18. Concentração de CBO ₅ nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	98
Quadro 19. Concentração de CBO ₅ nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	102

Quadro 20. Concentração de CQO nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	104
Quadro 21. Concentração de CQO nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	107
Quadro 22. Biodegradabilidade nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	109
Quadro 23. Biodegradabilidade nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	113
Quadro 24. Concentração de SST nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	115
Quadro 25. Concentração de SST nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	117
Quadro 26. Concentração de azoto total nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	118
Quadro 27. Concentração de azoto total nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	120
Quadro 28. Concentração de amónia nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	121
Quadro 29. Concentração de amónia nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	124
Quadro 30. Concentração de fósforo total nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	126
Quadro 31. pH nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	127
Quadro 32. pH nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	129
Quadro 33. Condutividade nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	132
Quadro 34. Condutividade nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	136
Quadro 35. Concentração de cálcio nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	138
Quadro 36. Concentração de cálcio nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	138
Quadro 37. Concentração de magnésio nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	139

Quadro 38. Concentração de magnésio nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.....	139
Quadro 39. Concentração de potássio nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração	140
Quadro 40. Concentração de potássio nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	141
Quadro 41. Concentração de sódio nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	142
Quadro 42. Concentração de sódio nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	142
Quadro 43. Concentração de cloretos nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	143
Quadro 44. Concentração de cloretos nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	145
Quadro 45. Concentração de sulfatos nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	147
Quadro 46. Concentração de sulfatos nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	149
Quadro 47. Concentração de ferro nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	150
Quadro 48. Concentração de ferro nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	152
Quadro 49. Concentração de arsénio nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	153
Quadro 50. Concentração de arsénio nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	154
Quadro 51. Concentração de chumbo nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	155
Quadro 52. Concentração de chumbo nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	156
Quadro 53. Concentração de cádmio nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	157
Quadro 54. Concentração de cádmio nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	158

Quadro 55. Concentração de crómio nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	159
Quadro 56. Concentração de crómio nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	160
Quadro 57. Concentração de cobre nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	161
Quadro 58. Concentração de cobre nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	163
Quadro 59. Concentração de níquel nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	164
Quadro 60. Concentração de níquel nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	165
Quadro 61. Concentração de mercúrio nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	166
Quadro 62. Concentração de mercúrio nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	167
Quadro 63. Concentração de zinco nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.	168
Quadro 64. Concentração de zinco nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.	170

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anatomia de um aterro sanitário (adaptado de Rathje, 1991).	6
Figura 2. Esquema da formação dos lixiviados num aterro, numa célula em exploração (lado esquerdo) e outra encerrada (lado direito) (adaptado de Held, 1996).	10
Figura 3. Fases de estabilização de um aterro (adaptado de Tchobanoglous <i>et al.</i> , 1993).	14
Figura 4. População Residente na região Algarvia no período de 1998 a 2009 (INE, 2010).	29
Figura 5. Concelhos algarvios com maior número de hóspedes anuais na região Algarvia no período de 1998 a 2009 (INE, 2010).	30
Figura 6. Concelhos algarvios com menor número de hóspedes anuais na região Algarvia no período de 1998 a 2009 (INE, 2010).	30
Figura 7. Localização geografia dos aterros em estudo (adaptado de CCDR Algarve, 2005).	32
Figura 8. Temperatura do ar média mensal da estação meteorológica de Vidigal (SNIR, 2010); * sem registo.	34
Figura 9. Temperatura do ar média mensal da estação meteorológica de S. Brás de Alportel (SNIRH, 2010);* sem registos.	34
Figura 10. Humidade relativa do ar média mensal da estação meteorológica de Vidigal (SNIRH, 2011); * sem registo.	35
Figura 11. Humidade relativa do ar média mensal da estação meteorológica de S. Brás de Alorte; * sem registo.	36
Figura 12. Precipitação média na estação meteorológica de Vidalgo (fonte: SNIRH); *sem registo.	37
Figura 13. Precipitação média na estação metereologica de S. Braz de Alportel (fonte: SNIRH); * sem registo.	37
Figura 14. Representação esquemática da metodologia dos dados.	40
Figura 15. Resíduos depositados no ASBA.	41
Figura 16. Resíduos depositados no ASSA.	41
Figura 17. Resíduos recolhidos por habitante anualmente (INE, 2011).	42
Figura 18. Matéria orgânica biodegradável depositada no ASBA.	45
Figura 19. Matéria orgânica biodegradável depositada no ASSA.	45
Figura 20. Matéria orgânica biodegradável depositada no ASBA mensalmente.	46

Figura 21. Matéria orgânica biodegradável depositada no ASS, mensalmente; * sem registo.....	47
Figura 22. Concentração de CBO ₅ nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.	48
Figura 23. Concentração de CBO ₅ nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.	49
Figura 24. Concentração de CQO nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.	51
Figura 25. Concentração de CQO nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.	52
Figura 26. Razão CBO ₅ /CQO nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.	54
Figura 27. Razão CBO ₅ /CQO nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.	55
Figura 28. Concentração de SST nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.	56
Figura 29. Concentração de SST nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.	57
Figura 30. Concentração de azoto total nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.	58
Figura 31. Concentração de azoto total nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.	59
Figura 32. Concentração de amónia nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.	60
Figura 33. Concentração de amónia nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.	61
Figura 34. Concentração de fósforo total nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.	62
Figura 35. pH nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.	63
Figura 36. pH nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.	63
Figura 37. Condutividade nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração. ..	64
Figura 38. Condutividade nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração. ..	65
Figura 39. Concentração de cálcio nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.	66

Figura 40. Concentração de cálcio nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.	66
Figura 41. Concentração de magnésio nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.	67
Figura 42. Concentração de Magnésio nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.	68
Figura 43. Concentração de potássio nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.	69
Figura 44. Concentração de potássio nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.	70
Figura 45. Concentração de sódio nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.	71
Figura 46. Concentração de sódio nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.	71
Figura 47. Concentração de cloretos nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.	72
Figura 48. Concentração de cloretos nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.	73
Figura 49. Concentração de sulfatos nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.	74
Figura 50. Concentração de sulfatos nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.	74

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Gerais

Na última década a gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) em Portugal sofreu uma profunda evolução de carácter político, legislativo e estratégico, com destaque para a reorganização institucional e para as medidas estratégicas adoptadas (MAOTDR, 2007).

O aterro sanitário (AS) é adoptado como parte de um sistema gestão e é o principal método para a eliminação dos RSU. Actualmente, mais de 80% dos resíduos sólidos urbanos são depositados em aterro sem qualquer pré-tratamento (Ziyang *et al.*, 2009).

Os AS incrementam, ao longo do ciclo de vida, uma ampla gama de compostos químicos, devido à degradação dos resíduos (Ziyang *et al.*, 2009). O processo de degradação da fracção orgânica dos RSU produz efluentes líquidos, constituídos essencialmente por matérias orgânicas provenientes dos resíduos putrescíveis e ácidos inorgânicos (Levy e Cabeças, 2003). A libertação de grandes volumes de lixiviados apresenta um risco para a saúde pública e para o ambiente envolvente (Ziyang *et al.*, 2009).

A composição dos lixiviados é complexa pelo facto da sua composição poder variar em função da idade do AS, sendo esta composição variável e heterogénea. Geralmente, as águas lixiviantes produzidas em aterros jovens têm a presença de quantidades significativas de ácidos voláteis como resultado da fase de fermentação enquanto aterros maduros a grande parte dos produtos orgânicos são húmicos e fúlvicos (Kulikowska e Klimiuk, 2007).

A composição das águas lixiviantes varia consoante a fase de degradação/estabilização em que se encontram os resíduos, fase de ajustamento inicial (fase I), fase transição (fase II), fase ácida (fase III), fase de fermentação (fase IV) e fase de maturação (fase V) (Tchobanoglous *et al.*, 1993)

Quanto maior for o conhecimento da composição dos lixiviados, melhor será a eficiência do tratamento a aplicar nas águas lixiviantes (Renhou *et al.*, 2009).

O âmbito da dissertação consiste na caracterização dos lixiviados produzidos, verificar o seu comportamento ao longo da exploração de dois AS. Consoante os valores típicos dos compostos para as fases dos aterros, é também objectivo identificar em que fase de estabilização se encontra cada AS.

Serão utilizados como caso de estudo os aterros sanitários do Barlavento e Sotavento Algarvio, geridos pela empresa privada ALGAR -Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A. O estudo será feito a partir dos dados fornecidos pela própria empresa.

1.2. Objectivos

O objectivo deste trabalho é estudar as características dos lixiviados e respectiva evolução durante o período de exploração dos aterros sanitários do Barlavento e Sotavento Algarvio.

Em termos mais concretos, os objectivos são:

- Analisar a composição dos lixiviados de forma a verificar diferenças quantitativas ao longo da exploração de cada aterro;
- Estudar se as águas lixiviantes têm características de envelhecimento/maturação;
- Analisar a eficiência da osmose inversa.

1.3. Organização da Dissertação

A dissertação encontra-se organizada em sete capítulos. O primeiro capítulo é uma breve introdução onde se encontra uma introdução ao tema e quais os objectivos da investigação. O capítulo seguinte é dedicado ao estudo da arte, onde se fez um enquadramento teórico da temática do presente estudo. O terceiro capítulo é onde se encontra a caracterização e localização dos dois aterros em estudo e dos parâmetros climatológicos do local de cada aterro. A metodologia encontra-se no quarto capítulo. Segue-se a apresentação dos dados, respectiva discussão e limitações encontradas ao longo da elaboração da dissertação. As devidas conclusões são efectuadas no capítulo seis e por fim sugestões para o trabalho futuro, no sétimo capítulo.

2. ESTADO DA ARTE

2.1. Resíduos sólidos urbanos

De acordo com o Decreto-Lei nº 178/2006, de 5 de Setembro, entende-se por Resíduo Urbano o “proveniente de habitações bem como outro resíduo que, pela sua natureza ou composição, seja semelhante ao resíduo proveniente de habitações”. Nesta designação encontram-se abrangidos os materiais não só de origem doméstica, como também os que provêm do sector de serviços, de estabelecimentos industriais ou mesmo de unidades prestadoras de cuidados de saúde, desde que apresentem uma composição característica de resíduo doméstico/habitação. Ao longo da presente dissertação os Resíduos Urbanos seram designados como RSU.

A produção de RSU é um factor que está associado à vida quotidiana, pois quase todas as actividades do Homem produzem resíduos, sendo o seu volume e as suas características, um reflexo das condições de vida das populações. Contudo, a sociedade não se preocupa com os resíduos produzidos, como são dispostos e tratados, desejando sempre que seja feito longe do seu alcance de vista, uma vez que produzem maus odores e têm aspecto desagradável (Rodrigues, 2007).

2.1.1. Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos

A gestão adequada de resíduos é um desafio inadiável para as sociedades modernas. Em Julho de 1997, foi aprovado o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU), o que levou ao encerramento de lixeiras, à criação de sistemas municipais de gestão de RSU, ao aparecimento de infra-estruturas de valorização e de eliminação. Com o início de um novo ciclo de planeamento associado ao Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN), foi exigida a revisão do PERSU.

Em 2007 foi aprovado, através da Portaria nº 187/2007, de 12 de Fevereiro, o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos para o período de 2007 a 2016 (PERSU II), que dá continuidade à política de gestão de resíduos, tendo em atenção as novas exigências entretanto formuladas a nível nacional e comunitário, assegurando, designadamente, o cumprimento dos objectivos em matéria de desvio de resíduos urbanos biodegradáveis de aterro e de reciclagem e valorização de resíduos de

embalagens, e procurando colmatar as limitações apontadas à execução de PERSU. (APA, 2010).

2.1.2. Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos

O destino final mais frequentemente usado na gestão dos RSU e que apresenta menor custo, consiste na sua deposição e armazenamento em AS (Castilhos *et al.*, 2003). Os RSU acumulados continuamente em aterros não são, contudo inertes, estando em constante evolução complexa devido a diversos fenómenos de natureza física, química e biológica (Tchobanoglous *et al.*, 1993). No Quadro 1 evidencia-se a distribuição dos resíduos por destino final e a sua evolução anual, em Portugal.

Quadro 1. Evolução da tipologia e infra-estruturas de gestão de resíduos em Portugal de 1996 a 2005 (adaptado de MAOTDR, 2007).

Infra-estruturas (n.º)	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Aterros de RSU	13	18	28	32	34	38	37	35	34	33
Lixeiras activas	341	324	115	85	56	30	0	0	0	0
Estações de triagem	1	1	4	11	14	18	22	23	25	26
Estações de transferência	1	2	13	23	41	54	67	75	75	78
Unidades de Valorização Orgânica	5	4	4	4	4	5	5	6	7	8
Unidades de Incineração c/ recup. energ.	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2

A população portuguesa já se encontra provida por sistemas de recolha de RSU. No território continental existem vários sistemas inter ou multimunicipais de tratamento e valorização de resíduos. É na região do norte que se verifica um maior número de sistemas de gestão de resíduos. Cada sistema possui infra-estruturas para assegurar a gestão e um destino final adequado. Em relação às infra-estruturas, no final de 2007, encontravam-se em exploração 34 aterros, 2 centrais de incineração com recuperação de energia, 76 estações de transferência, 26 estações de triagem, 185 ecocentros e 28723 ecopontos (APA, 2008)

Em 2007 o principal destino para os resíduos urbanos em Portugal foi o aterro, cerca de 4,7 milhões de toneladas. O destino final dos RSU deixou de ser maioritariamente em

lixeiros, cerca de 73% de deposição em 1995, para passar a ser em aterro, com cerca 64% de deposição em 2007 (APA, 2009).

De acordo com Pedroso (2007), em Portugal a gestão de resíduos processa-se de acordo com três grupos distintos:

- Gestão de resíduos por entidades públicas ou por concessionários (RSU);
- Gestão de resíduos integrados em fluxos específicos/fileiras (Pneus, embalagens, veículos em fim de vida, pilhas entre outros);
- Gestão descentralizada (resíduos não urbanos: industriais, agrícolas e hospitalares).

A gestão de RSU preconiza soluções integradas de valorização, tratamento, e confinamento técnico, sempre com vista à minimização da deposição de resíduos em aterro (Tchobanoglous e Kreith, 2002; Bilitewski *et al.*, 1997). Ainda assim, quaisquer que sejam as alternativas de tratamento e valorização dos resíduos, a deposição de RSU em aterro sanitário serão sempre, uma prática fundamental num sistema de gestão integrada de resíduos, ou como destino final dos rejeitos produzidos nos processos de tratamento (e.g. compostagem, incineração, digestão anaeróbia da fracção orgânica dos RSU), ou mesmo como opção exclusiva de tratamento (Levy e Cabeças, 2006; Russo, 2005).

2.2. Aterros Sanitários

De acordo com o Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio, o aterro é definido como uma instalação de eliminação para a deposição de resíduos acima ou abaixo da superfície natural.

Segundo Martinho e Gonçalves (2000), o confinamento dos resíduos em AS tem sido considerado o método de deposição mais simples e económico, sendo o método mais utilizado na maioria dos países. O conceito de AS como método de deposição final dos resíduos urbanos está também a alterar-se. Um AS pode ser considerado um processo de tratamento de RSU. Os RSU e a energia necessária ao desenvolvimento do processo constituem as entradas de um AS. As saídas do processo são os resíduos finais, os gases (biogás) e os produtos aquosos (águas lixiviantes) resultantes da decomposição (Levy e Cabeças, 2006).

Um dos aterros mais famosos e mediáticos, pela sua dimensão, é o AS de Fresh Kills, em Nova Iorque. Este aterro, que entrou em exploração em 1948 e foi encerrado em 2001, é o maior aterro sanitário do mundo e sendo uma das maiores obras de engenharia da humanidade, abrangendo 8,9 km² (Louis, 2004).

Em Portugal, e de acordo com os registos históricos, a primeira acção do Estado Português em relação à gestão de resíduos teve lugar em 1927, com a publicação do Decreto-Lei n.º 13166, de 18 de Fevereiro, o qual remete às câmaras municipais a promulgação de posturas relativa à remoção de lixos (Antas, 1987).

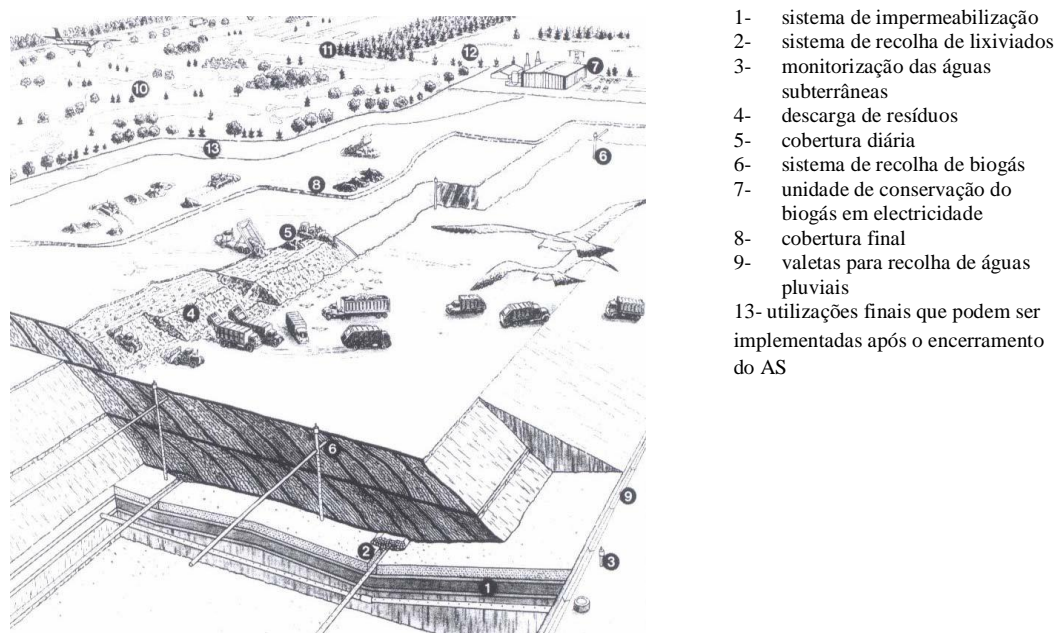


Figura 1. Anatomia de um aterro sanitário (adaptado de Rathje, 1991).

2.2.1. Sistemas de impermeabilização das águas lixiviantes

A produção de lixiviados e a sua gestão são um dos maiores problemas ambientais associados à operação de AS (Kulikowska e Klimiuk 2007). As águas lixiviantes arrastam consigo produtos em decomposição e substâncias quimicamente activas. Se o AS não estiver perfeitamente impermeabilizado e se não existir sistema de drenagem e captação das águas lixiviantes, estas podem atingir um curso de água ou lençol freático

e, conseqüentemente, causar graves problemas de poluição da água e do solo (Martinho e Gonçalves, 2000).

Segundo o Decreto de Lei nº 183/2009, de 10 de Agosto os AS devem ter um sistema de protecção ambiental passiva e um sistema de protecção ambiental activa. Em relação ao primeiro sistema, a camada de solo subjacente ao aterro deve constituir uma barreira de segurança passiva durante a fase de exploração e até completa estabilização dos resíduos de modo a prevenir a poluição dos solos e das águas subterrâneas e de superfície pelos resíduos e lixiviados.

A barreira passiva é composta por uma barreira geológica de 0,5 m de espessura, constituída por solo natural ou aterro compactado e com uma permeabilidade de $K = 10^9$ m/s. O sistema de barreira activa deverá ser composta por um a barreira activa deverá ser composta por: geocompósito bentonítico, agulhado, composto por uma camada de bentonite com uma massa por unidade de área mínima de 5500 g/m^2 e uma permeabilidade de $K = 10^{-11}$ m/s, geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD) com uma espessura obrigatória de 2 mm, geotêxtil não-tecido, o qual deve ser prolongado pelo talude até assegurar uma sobreposição mínima de 0,5 m e que desempenha as funções de protecção mecânica da geomembrana, e camada drenante de 0,5 m de espessura, sendo 0,2 m ocupado por areia (granulometria fina a média), junto ao geotêxtil e 0,3 m por material britado e $K = 10^{-4}$ m/s (Levy e Cabeças, 2006).

No sistema de protecção ambiental activo, pelo Decreto de Lei nº 183/2009, de 10 de Agosto o sistema de drenagem e recolha de lixiviados deve ser dimensionado de modo a assegurar a rápida remoção de lixiviados do aterro, controlando a altura de líquido sobre o sistema e revestimento e minimizando-se o risco de infiltração de lixiviados no solo subjacente ao aterro causado por uma carga hidráulica excessiva. Os lixiviados recolhidos devem ter um tratamento e um destino final adequado.

2.3. Lixiviados

Segundo Oliveira e Pasqual (2000) o fenómeno de solubilização com a subsequente passagem de uma substância da fase sólida para a fase líquida recebe o nome de lixiviação. Processos de lixiviação acontecem numa grande variedade de situações,

como nos solos e em processos industriais, e todos estes efluentes têm o nome de lixiviados.

Os lixiviados dos aterros sanitários ou águas lixiviantes são o resultado da percolação de água, através da massa de resíduos, acompanhada de extracção de materiais dissolvidos ou em suspensão (Dinis, 2007). A quantidade de lixiviado está directamente relacionada com o índice pluviómetros da área onde o aterro sanitário está situado (Tatsi e Zouboulis, 2002).

Os lixiviados podem facilmente entrar em contacto com as águas subterrâneas ou superficiais, sendo uma ameaça para a saúde pública. Vários estudos com diferentes bioensaios confirmam o potencial perigo de lixiviação (Lema *et al.*, 1988).

2.3.1. Caracterização dos lixiviados

A caracterização dos lixiviados dos aterros sanitários que recebem RSU pode ser dividida em quatro grupos principais de poluentes: matéria orgânica dissolvida, macro componentes inorgânica, metais pesados e compostos orgânicos xenobióticos, (Christensen *et al.*, 1994):

- A matéria orgânica dissolvida é expressa como Carência Química de Oxigénio (CQO) ou Carbono Orgânico Total (COT), incluído metano (CH₄), ácidos orgânicos voláteis e muitos compostos recalcitrantes como por exemplo compostos húmicos e fúlvicos;
- Macro componentes inorgânica: cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), amónia (NH₄⁺), ferro (Fe), manganês (Mn), cloretos (Cl⁻), fósforo (P) entre outros.
- Metais: cádmio (Cd), crómio (Cr), cobre (Cu), chumbo (Pb), níquel (Ni) e zinco (Zn);
- Compostos orgânicos Xenobióticos: Variedade de hidrocarbonetos halogenados, compostos fenólicos, álcoois, cetonas, ácidos carboxílicos entre outras substâncias tóxicas.

Podem ser encontrados outros compostos nos lixiviados, em menor concentração, como boro (B), arsénio (As), mercúrio (Hg) e cobalto (Co).

Os lixiviados com valores elevados de poluentes orgânicos são considerados lixiviados "novos", constituídos principalmente por ácidos voláteis (matéria orgânica). Em condições anaeróbicas a carga orgânica tende a reduzir (Diamadopoulos, 1994).

2.3.2. Factores que condicionam a produção e composição dos lixiviados

Existem muitos factores que afectam a qualidade de lixiviados, tais como, a idade do aterro, a precipitação, a variação sazonal, tipo e composição resíduo (depende do nível de vida da população). Em particular, a composição dos lixiviados dos aterros sanitários varia muito com a idade do aterro (Baig *et al.*, 1999).

Segundo EL-Fadel *et al.* (2002), Kjeldsen *et al.* (2002) e Cintra *et al.* (2002) os principais factores que influenciam a composição dos lixiviados de um AS são os seguintes:

- Características dos resíduos – composição, granulometria, humidade, idade do resíduo e pré-tratamento;
- Condições ambientais – geologia, regime pluviométrico, temperatura e clima;
- Características do aterro – Aspectos construtivos das células, balanço hídrico, grau de compactação dos resíduos, propriedades do terreno, codisposição de resíduos líquidos e recirculação;
- Processos internos – hidrólises, adsorção, biodegradação, dissolução, diluição, redução, troca iónica, tempo de contacto, partição, geração e transporte de gás.

Como é de esperar, a composição química e o caudal dos lixiviados tem grandes variações no tempo e no espaço para um aterro sanitário específico, bem como para aterros situados em locais diferentes. Os dois principais factores a ter em conta na caracterização de um efluente líquido é a vazão volumétrica e a sua composição, no caso dos lixiviados estes estão relacionados (Lema *et al.*, 1988).

A água que existe no aterro sanitário tem duas origens, externa e interna. A externa resulta da infiltração da precipitação pluviométrica, do escoamento superficial e mesmo de águas subterrâneas enquanto a interna tem origem na humidade natural dos RSU,

processo de decomposição e eventuais volumes presentes no local do aterro antes da deposição dos resíduos (Chen e Bowerman, 1974).

A quantidade de lixiviados produzidos num determinado AS está relacionada com a quantidade de água que entra, por isso realça-se a grande importância de utilizar coberturas que reduzam a entrada de água. No entanto, também é certo que se deverá ter em consideração uma possível diminuição da velocidade de biodegradação ao impedir a sua passagem nas zonas profundas do aterro (Rees, 1980).

A influência do clima na produção de lixiviados é complexa. Assim, em climas temperados ou quentes observa-se um aumento da produção de lixiviados nos meses mais húmidos, por outro lado, em climas frios, há um período de desfasamento entre as precipitações e a formação de lixiviados, já que aquelas aparecem sob a forma de neve, incrementando a água de percolação nos meses de degelo (Stegman, 1983).

A produção de lixiviados está também intimamente relacionada com o grau de compactação dos resíduos, o qual dificulta a velocidade de infiltração. É habitual distinguir entre resíduos com índice de compactação maior ou menor do que $0,8 \text{ tm}^{-3}$ (Stegman, 1983).

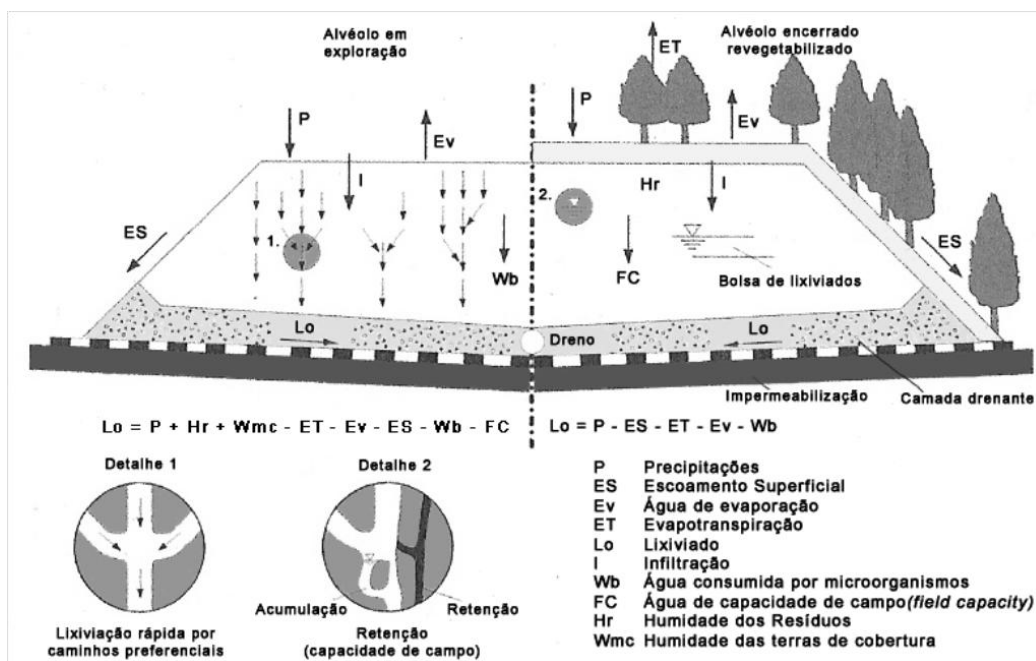


Figura 2. Esquema da formação dos lixiviados num aterro, numa célula em exploração (lado esquerdo) e outra encerrada (lado direito) (adaptado de Held, 1996).

A Figura 2 evidencia a formação de lixiviados através do balanço hídrico de cada aterro, em função das entradas e saídas de água do sistema. Sendo a água de precipitação, a humidade dos resíduos depositados e a água de material de cobertura contabilizadas como entradas e águas de escoamento superficial, evapotranspiração, água consumida na formação de biogás, água de capacidade de campo e o lixiviado como saídas.

A recirculação de lixiviados contribui para o aumento do teor de humidade dos resíduos, introduz população bacteriana que realiza a degradação e forma um fluxo de transporte de nutrientes e substrato (Chiemchaisri *et al.*, 2004; Kjeldsen e Barlaz, 2002). A recirculação dos lixiviados na deposição de RSU, lamas de águas residuais e de sedimentos de dragagens reduz o tempo de estabilização dos resíduos e aumenta a produção de biogás e a qualidade dos lixiviados (sobretudo em termos de CQO) (Chan, *et al.*, 2002).

A qualidade da composição dos lixiviados melhora após a recirculação em relação aos parâmetros CQO, CBO₅ ou COT. Isto acontece quando o AS atinge a estabilização, os lixiviados já foram submetidos a um elevado número de recirculações e a maior parte da matéria biodegradável já foi degradada. Porém, registam-se alguns resultados contrários no que diz respeito a outros constituintes, nomeadamente compostos orgânicos não degradáveis ou metais pesados (Shearer, 2001).

2.3.3. Evolução da composição dos lixiviados ao longo da biodegradação

A variação na composição dos lixiviados depende da quantidade de poluentes removidos dos RSU e no volume de água que se infiltra no aterro. Em condições favoráveis, geralmente, com humidade suficiente para suportar a actividade microbiana os aterros comportam-se como reactores anaeróbicos. Associado a este comportamento existem as mudanças bioquímicas, incluído dissolução, precipitação, adsorção, diluição, volatilização, que também influenciam a qualidade dos lixiviados. Além disso, a caracterização das águas lixiviantes é complexa podendo variar em função da idade do aterro (Kulikowska e Klimiuk, 2007).

A coloração pode variar de amarela clara até negra dependendo da fase de estabilização dos RSU em aterro e a sua condutividade possui valores acima de 1000 uS/cm, devido principalmente à alta concentração de sais (Rodrigues, 2007).

O estado de decomposição dos resíduos influencia as características dos lixiviados, podendo a sua composição variar ao longo do aterro, pois a deposição dos resíduos pode ocorrer durante vários anos e em diferentes células (Kjeldsen e Barlaz, 2002). Segundo Tchobanoglous *et al.* (1993), a composição dos lixiviados varia consoante a fase de degradação em que se encontram os resíduos.

Na Fase I existe a decomposição biológica dos resíduos e ocorre sob condições aeróbias dado a porção do ar que se encontrar retida no aterro. A principal fonte de microrganismos é o solo de cobertura (Tchobanoglous *et al.*, 1993). O metabolismo aeróbio seria capaz de degradar por completo a matéria orgânica mas, na prática a degradação não é completa. A decomposição aeróbia nos aterros gera materiais parcialmente degradados, incluindo alguns ácidos orgânicos (McBean *et al.*, 1995). O aparecimento do lixiviado nesta fase é raro devido ao resíduo ainda não ter atingido a capacidade de campo. Mas, pode existir, desde que haja caminhos preferenciais ou vazios por onde a água da precipitação possa passar rapidamente (Barlaz e Ham, 1993), sendo este lixiviado normalmente composto por material particulado, conseqüentemente, arrastando pelo escoamento do líquido, sais solúveis e pequenas quantidades de matéria orgânica solúvel (McBean *et al.*, 1995). Segundo Lo (1996) esta fase dura tipicamente um mês. O oxigénio reduz-se drasticamente e começam a desenvolver-se condições anaeróbias, Fase de Transição, membros da comunidade microbiana, responsáveis pela conversão da matéria orgânica em metano e dióxido de carbono (CO₂), iniciam este processo de três passos (hidrólise, acidogenese e metanogenese). O pH dos lixiviados (se já existirem) começa a baixar devido à presença dos ácidos orgânicos e ao efeito das elevadas concentrações de dióxido de carbono no aterro (Tchobanoglous *et al.*, 1993).

Na Fase Ácida, a actividade microbiana é acelerada com uma produção significativa de ácidos orgânicos. O pH dos lixiviados continua a baixar até valores próximos de 5, devido às razões apontadas anteriormente. A CBO₅ e a CQO aumentam significativamente devido à dissolução dos ácidos orgânicos nos lixiviados

(Tchobanoglous *et al.*, 1993), a razão CBO_5/CQO é alta, entre 0,4 e 0,8 (Ehrig, 1983). Devido aos baixos valores de pH, inúmeros constituintes inorgânicos, principalmente metais pesados, são removidos através dos lixiviados (Tchobanoglous *et al.*, 1993). A condutividade e o teor de sólidos dissolvidos totais são elevados. A fase de produção acelerada de ácidos pode durar anos mesmos décadas (McBean *et al.*, 1995).

Segue-se a Fase de Fermentação/Metanogénica, também chamada de “Formação de Metano”. Nesta fase os microrganismos metanogénicos tornam-se predominantes convertendo ácido acético e o gás hidrogénio em CH_4 e CO_2 . A formação de ácidos continua mas a um ritmo consideravelmente menor. O pH dos lixiviados sobe para valores neutrais, trazendo conseqüentemente uma queda na condutividade e carga orgânica. A subida do pH provoca uma redução dos constituintes inorgânicos na solução, nomeadamente dos metais pesados (Tchobanoglous *et al.*, 1993). Nitrato e sulfato são reduzidos pelos microrganismos a azoto (N_2) e ácido sulfídrico (H_2S) (McBean *et al.*, 1995). Existe uma redução da concentração de CBO_5 e CQO. A diminuição do CBO_5 é devido aos ácidos voláteis e outros compostos orgânicos facilmente biodegradáveis serem quase totalmente consumidos e convertidos em gases dentro do aterro. A diminuição do CQO não é proporcional a CBO_5 pois, os iões inorgânicos que contribuem para a CQO podem continuar no lixiviado. Deste modo, a razão CBO_5/CQO também decresce (Barlaz e Ham, 1993).

A última fase - Fase de Maturação, ocorre após a conversão dos materiais orgânicos facilmente biodegradáveis em CH_4 e CO_2 . Com a percolação da água pelos resíduos, porções de materiais biodegradáveis, que anteriormente não estavam disponíveis, são convertidos. Os lixiviados contêm ácidos fúlvicos e húmicos que são difíceis de processar biologicamente a jusante (Tchobanoglous *et al.*, 1993).

A duração de cada fase está dependente da distribuição dos compostos orgânicos no aterro, da disponibilidade de nutrientes, do conteúdo de humidade, do movimento de água no aterro e do grau de compactação inicial dos resíduos (Tchobanoglous *et al.*, 1993). Na Figura 3 encontra-se as fases de estabilização de acordo com a composição dos gases e concentrações dos lixiviados.

Existem hipóteses teóricas que, posteriormente, possam voltar a ocorrer as condições aeróbias mas, existe pouca informação, pois os aterros bem monitorizados têm, na generalidade, menos de 30 anos e encontram-se ainda na fase metanogénica (Kjeldsen e Barlaz, 2002).

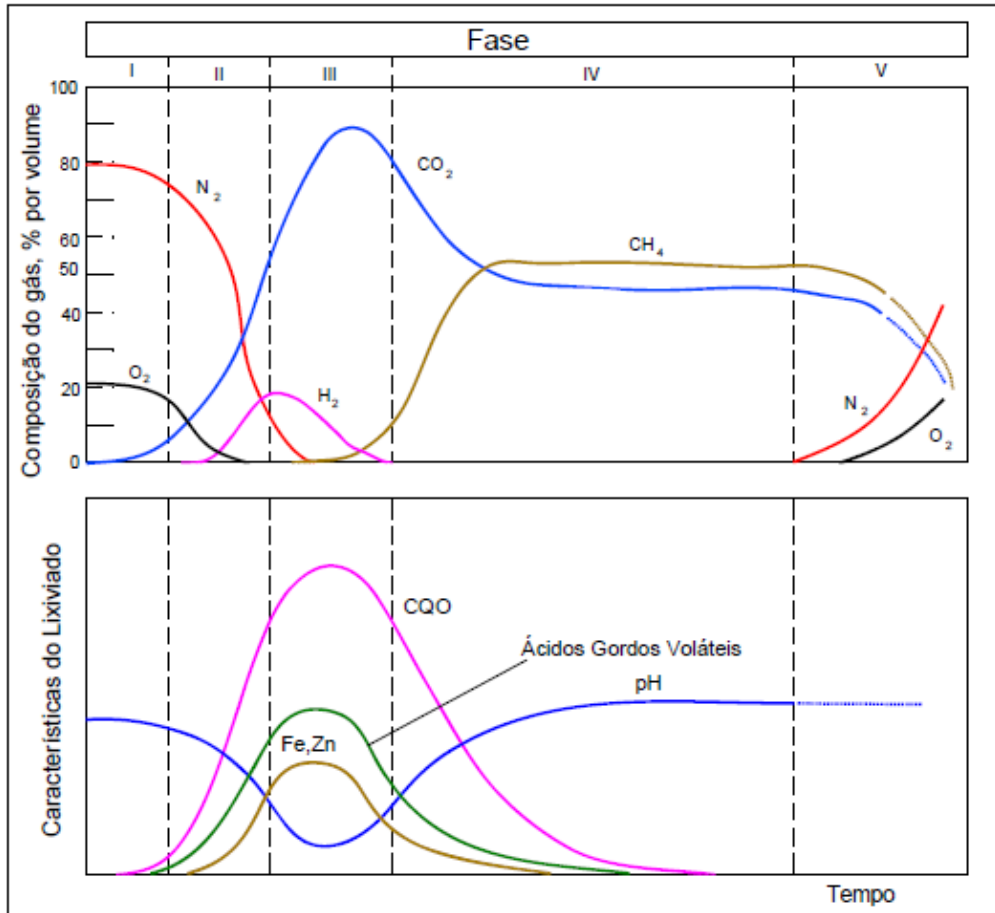


Figura 3. Fases de estabilização de um aterro (adaptado de Tchobanoglous *et al.*, 1993).

No Quadro 2 apresenta-se a composição típica dos lixiviados segundo EPA (1995) e Tchobanoglous *et al.* (1993) e pode verificar-se, como tal já mencionado, que existe uma redução significativa do valor de CQO e CBO₅ da fase ácida para a fase metanogénica e o mesmo acontece do aterro jovem para um aterro velho. Segundo Chen e Bowerman (1974) as condições anaeróbias são estabelecidas pela elevada concentração de matéria orgânica.

Quadro 2. Composição típica de lixiviados em diferentes fases do AS (adaptado de EPA, 1995; Tchobanoglous *et al.*, 1993).

Parâmetros Medidos em mg/l ^(a)	Fase Ácida (EPA, 1995)		Fase Metanogénica (EPA, 1995)		Aterro novo (<2anos) (Tchobanoglous <i>et al.</i> , 1993)		Aterro velho (>10anos) (Tchobanoglous <i>et al.</i> , 1993)
	Intervalo	Média	Intervalo	Média	Intervalo	Valor típico	Intervalo
pH	4,5 – 7,5	6,1	7,5 – 9,0	8	4,5 – 7,5	6	6,6 – 7,5
CBO ₅	4.000 – 40.000	13.000	20 – 550	180	2.000 - 30.000	10.000	100 – 200
CQO	6.000 – 60.000	22.000	500 – 4.500	3.000	3.000 -60.000	18.000	100 – 500
CBO ₅ /CQO	-	0,58	-	0,06	0,5 – 1,0	-	0,05 – 0,2
COT	-	-	-	-	1.500 - 20.000	6.000	80 – 160
SST	-	-	-	-	200 - 2.000	500	100 – 400
N Amoniacal	30 – 3.000	750	*	*	10 – 800	200	20 – 40
Nitratos	0,1 – 50	3	*	*	5 – 40	25	5 – 10
N Total	50 – 5.000	1.250	*	*	10 – 800	200	-
Cloretos	100 – 5.000	2.100	*	*	200 – 3.000	500	100 – 400
Sulfatos	70 – 1.750	500	10 – 420	80	50 – 1.000	300	20 – 50
Fósforo total	0,1 – 30	6	*	*	5 – 100	30	5 – 10
Ferro total	20 – 2.100	780	3 – 280	15	50 – 1.200	60	20 – 200
Magnésio	50 – 1.150	470	40 – 350	180	50 – 1.500	250	50 – 200
Cálcio	10 – 2.500	1.200	20 – 600	60	200 – 3.000	1.000	100 – 400
Potássio	10 – 2.500	1.100	*	*	200 – 1.000	30	50 – 400
Sódio	50 – 4.000	1.350	*	*	200 – 2.500	500	100 – 200
Dureza ^(b)	-	-	-	-	300 – 10.000	3.500	200 - 500
Alcalinidade ^(b)	300 – 11.500	6.700	-	-	1.000 – 10.000	3.000	200 – 1.000

Legenda:(a) Excepto para o pH que não apresenta unidades (escala Sorensen) e para a razão CBO₅/CQO (adimensional).(b) Grandeza medida em mg/l de CaCO₃.

* Concentrações destes parâmetros não variam entres as duas fases.

A composição dos lixiviados derivados de diferentes aterros sanitários apresenta por norma uma variação, com comportamentos distintos. Nos Quadros 3 e 4 estão representadas as concentrações de alguns compostos dos lixiviados de aterros sanitários.

Tchobanoglous *et al.* (1993) classifica os AS como aterro novo e aterro velho para idades inferior a 2 anos e superior a 10 anos, respectivamente, enquanto Renou (2008) faz uma classificação de aterro novo com idade inferior a 5 anos, aterro de meia-idade entre os 5 e os 10 anos e aterro velho com idade superior a 10 anos.

Quadro 3. Composição dos lixiviados (Carência química Oxigénio – CQO; Carência Bioquímica Oxigénio – CBO; Biodegradabilidade – CBO/CQO; pH; Sólidos suspensos – SS; Azoto Kjeldahl Total – NKT) (adaptado de Renou, 2008).

Idade	Local	CQO (mg/l)	CBO (mg/l)	CBO/CQO	pH	SS (mg/l)	NKT (mg/l)
Novo	Canada	13800	9660	0,70	5,8	-	212
Novo	Hong Kong	15700	4200	0,27	7,7	-	-
Novo	China, Mainland	1900-3180	3700-8890	0,36-0,51	7,4-8,5	-	-
Novo	Grécia	70900	26800	0,38	6,2	950	3400
Novo	Itália	19900	4000	0,20	8	-	-
Novo	Itália	10540	2300	0,22	8,2	1666	-
Novo	Coreia do Sul	24400	10800	0,44	7,3	2400	1766
Novo	Turquia	16200-20000	10800-11000	0,55-0,67	7,3-7,8	-	-
Novo	Turquia	35000-50000	21000-25000	0,5-0,6	5,6-7	2630-3930	2370
Meia-idade	Canada	3210-9190	-	-	6,9-9,0	-	-
Meia-idade	China	5800	430	0,07	7,6	-	-
Meia-idade	Alemanha	3180	1060	0,33	-	-	1135
Meia-idade	Grécia	5350	1050	0,20	7,9	480	1100

Quadro 3 (continuação). Composição dos lixiviados (Carência química Oxigénio – CQO; Carência Bioquímica Oxigénio – CBO; Biodegradabilidade – CBO/CQO; pH; Sólidos suspensos – SS; Azoto Kjeldahl Total – NKT) (adaptado de Renou, 2008).

Idade	Local	CQO (mg/l)	CBO (mg/l)	CBO/CQO	pH	SS (mg/l)	NKT (mg/l)
Meia-idade	Polónia	1180	331	0,28	8	-	-
Meia-idade	Itália	5050	1270	0,25	8,38	-	1670
Meia-idade	Turquia	9500	-	-	8,15	-	1450
Velho	Brasil	3460	150	0,04	8,2	-	-
Velho	Estónia	2170	800	0,37	11,5	-	-
Velho	Finlândia	556	62	0,11	-	-	192
Velho	França	500	7,1	0,01	7,5	130	540
Velho	França	100	3	0,03	7,7	13-1480	5-960
Velho	Malásia	1533-2580	48-105	0,03-0,04	7,5-9,4	154-233	-
Velho	Coreia do Sul	1409	62	0,04	8,57	404	141
Velho	Turquia	10000	-	-	8,6	1600	1680

Pode-se verificar a partir do Quadro 3 que a idade dos aterros e o grau de degradação dos RSU têm efeito nas características dos lixiviados. A concentração do CBO e CQO diminui com o aumento da idade do aterro. O pH também varia ao longo da vida dos aterros sanitários, consequência da actividade microbiana. O mesmo acontece com os sólidos suspensos e o azoto Kjeldahl. A biodegradabilidade (CBO/CQO) diminui rapidamente com o envelhecimento os aterros.

Quadro 4. Os metais pesados na composição dos lixiviados dos aterros sanitários (adaptado de Renou, 2008).

Idade	Sítio (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Ba (mg/l)	Cu (mg/l)	Al (mg/l)	Si (mg/l)
Novo	Itália	2,7	0,04	-	-	-	-
Meia-idade	Canada	1,28-4,90	0,028-1,541	0,006-0,164	-	<0,02-0,92	3,72-10,48
Meia-idade	Hong Kong	3,811	0,182	-	0,12	-	-
Meia-idade	Coreia do Sul	76	16,4	-	0,78	-	-
Meia-idade	Espanha	7,45	0,17	-	0,26	-	-
Velho	Brasil	5,5	0,2	-	0,08	<1	-
Velho	França	26	0,13	0,15	0,005-0,04	2	<5
Velho	Malásia	4,1-19,5	15,5	-	-	-	-
Velho	Coreia do Sul	-	0,298	-	0,031	-	-

A concentração dos metais pesados nos lixiviados, Quadro 4, também varia com a idade do aterro. O Fe é o metal que apresenta uma maior concentração nos lixiviados.

2.3.4 Tratamentos das águas lixiviantes

A maioria dos aterros, do mundo, não tem um sistema de tratamento de lixiviados adequado. Embora existam algumas opções de tratamento, as alternativas de tratamento para lixiviados são muito limitadas pois, os tratamentos não são projectados considerando as características dos lixiviados (Frasconi *et al.*, 2004; Salem *et al.*, 2008).

Os processos de tratamento de lixiviados físico e químico incluem oxidação, coagulação, floculação, precipitação química, adsorção por carbono activado, ozonização e osmose. A ozonização e osmose podem ser utilizadas para um tratamento biológico. Normalmente, os processos físico-químicos não são suficientes para remover compostos orgânicos nos lixiviados. O tratamento biológico por si só não atinge elevada

eficiência de remoção devido à inibição da amónia, dos metais pesados e outros contaminantes (Hasar, 2009).

A osmose inversa parece ser o método mais eficaz entre os novos processos de tratamento para os lixiviados. Vários estudos realizados à escala laboratório e industrial, já demonstraram o desempenho da osmose inversa na separação dos poluentes nos lixiviados dos aterros sanitários (Bilstad *et al.*, 1992; Linde *et al.*, 1995). Segundo Peters *et al.* (1998) e Chan *et al.* (2007) a eficiência de remoção de CQO e metais pesados são de 98 e 99%, repectivamente.

No Quadro 5 estão representados as eficiências dos tratamentos de águas lixiviantes estudadas por Levy (2004), de algumas estações de tratamento em Portugal. É de destacar a eficiência de tratamento do método osmose inversa, que, para os parâmetros indicados no Quadro, é relativamente mais eficiente que os restantes processos de tratamento. Pode-se também verificar que os filtros cartucho e a ultrafiltração para o CQO e sólidos suspensos totais (SST) também são muito eficazes, tendo os SST uma remoção de 99% igual ao tratamento por osmose inversa. As lagoas de macrófitas seguidas da osmose inversa são os processos de tratamento mais eficazes para a remoção do azoto total (Quadro 5).

Quadro 5. Eficiências dos processos de tratamentos das estações analisadas (adaptado de Levy, 2004).

PROCESSOS	CQO	CBO5	SST	SSV	Azoto Total	Nitratos
Osmose Inversa	99%	99%	99%	99%	71% - 98%	91% - 97%
Filtros Cartucho e Ultrafiltração	75% - 98%	-	99%	-	-	-
Filtros de areia e Filtros de Cartucho	3% - 17%	-	27% - 34%	-	-	-
Lagoas de regularização a montante da ETAL	36% - 71%	50% - 68%	55%	46%	4% - 73%	-
Tratamento Físico-Químico a Montante do Tratamento Biológico	13% - 21%	11%	55% - 59%	62% - 63%	-	-
Tratamento Físico-Químico a Jusante do Tratamento Biológico	35% - 90%	34% - 75%	35% - 92%	61% - 88%	38%	-
Lagoa de Arejamento e Decantador Biológico	11% - 66%	50% - 64%	-	-	-	-
Nitrificação/Desnitrificação e Decantador Biológico	58% - 78%	75% - 94%	86%	82%	45% - 94%	-
Nitrificação/Desnitrificação e Filtros Cartucho e Ultrafiltração	37%	17%	76% - 97%	98%	57%	-
Filtro EPI	47% - 66%	-	55% - 73%	-	-	-
Lagoas de Macrófitas	7% - 12%	25% - 43%	13% - 53%	2% - 44%	67%	-

2.4. Casos de estudo

Com base no tema lixiviados nos AS derivados da decomposição dos RSU e preocupação do seu tratamento vão ser apresentados casos de estudo em alguns lugares do mundo.

Caso de estudo 1

Segundo Chen *et al.* (2009), a acumulação de amónia é um grave problema de poluição, a longo prazo na gestão do AS. A remoção biológica de azoto envolve dois processos, a nitrificação e desnitrificação. A condição anaeróbia do aterro sanitário é propícia à desnitrificação, enquanto a nitrificação requer condição aeróbia, o que é improvável

ocorrer nos AS. O objectivo deste estudo foi avaliar a capacidade de desnitrificação e comparar as taxas de redução de nitrato quando injectado em reactores de aterros, simulados, analisar as diferenças de conversão de azoto, na vertical e as concentrações dos componentes do gás produzido após adição de nitrado. As amostras colectadas do AS da China são de anos diferentes de exploração (1º ano, 6º ano e 11º ano). Concluíram com o estudo que em todas as idades, o aterro tem uma grande capacidade de desnitrificação. No R1 (reactor com amostras do 1º ano) é onde ocorre uma maior conversão dos nitratos. O nitrato adicionado no R1 era completamente consumido em 287 horas, também verificaram que, somente, neste reactor há diferenças nas taxas de redução de nitratos na vertical. Isto podia ser explicado pelo facto que no reactor R1 o teor de matéria orgânica é maior do que em R6 (reactor com amostra 6º ano) e R11 (reactor com amostra do 11º ano). No R11 a concentração de N_2O , provavelmente isto deve-se a baixa composição C/N nos RSU, enquanto R1 produziu maior concentração de N_2 . O RSU de um ano de deposição em aterro, parcialmente degradado, é um meio mais propício à desnitrificação.

Caso de estudo 2

Os autores Kulikowska e Klimiuk (2007) fizeram um estudo com o objectivo de caracterizar os principais componentes dos lixiviados, com o efeito da idade de um aterro municipal. Neste aterro são depositados resíduos urbanos, substâncias perigosas, resíduos radioactivos e tóxicos. Cerca de 32% dos resíduos são orgânicos (restos de alimentos), enquanto o vidro, papel, plástico, metais e têxteis que representam 14%, 12,2%, 4,4%, 3,07% e 2,75% da massa total de resíduos, respectivamente. O resto é resíduo inorgânico. As investigações sobre a composição dos lixiviados iniciaram-se após vinte e três meses após o começo da sua exploração e durou quatro anos. As concentrações dos compostos orgânicos diminuíram ao longo dos 4 anos, a biodegradabilidade (CBO_5/CQO) representava valores de 0,4 no início o que leva a concluir que parte do material era orgânico, após 4 anos esta razão é de 0,13. Os BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno) aumentaram a sua concentração a longo do tempo de amostragem. Os valores que se encontram mais altos são dos compostos orgânicos e azoto amoniacal. O fósforo, cloretos, magnésio, cálcio, sulfatos e sólidos suspensos não tem tendência crescente ou decrescente em função da idade do aterro, a sua variação está mais influenciada com as estações do ano.

Caso de estudo 3

Na sequência do mesmo tipo de estudo, Ziyang *et al.* (2009), estudaram os lixiviados de aterros com horizontes temporais diferentes, um com 11 anos, outro com 5 anos e um terceiro em fase inicial de exploração, com o objectivo de caracterizar os principais componentes que percolam nas águas lixiviantes, incluído o peso molecular e o tamanho das partículas nas diferentes idades. Os autores verificaram que o carbono orgânico total diminuiu (9870 mg/l) dos lixiviados do aterro de fase inicial para o aterro de 11anos (182 mg/l), devido à degradação da maioria da matéria orgânica. As concentrações de azoto amoniacal e ortofosfatos também tiveram um decréscimo, com o tempo prolongado de diminuição. As águas lixiviantes provenientes do aterro com pouco tempo de exploração apresentava uma cor preta devido à grande quantidade de SS, enquanto as provenientes do aterro com 5 anos não apresentavam uma cor tão negra e as do outro aterro tinham uma coloração mais amarelada. Os teores de cálcio e magnésio são menores nos dois aterros mais antigos, isto deve-se ao pH mais alto e menor matéria orgânica dissolvida (aumento de adsorção e precipitação). Os sólidos aumentaram nos lixiviados com o aumento da idade, indicando assim um aumento da matéria inorgânica. As frações dissolvidas predominantes nos três lixiviados são a matéria orgânica dissolvida, que ocupa mais de 50%, e macro-moléculas. O teor de matéria orgânica dissolvida diminuiu enquanto a matéria inorgânica teve o comportamento oposto, com o aumento de decomposição dos resíduos.

Caso de estudo 4

Os investigadores San e Onay (2001) fizeram um estudo com o objectivo de avaliar os impactos da recirculação de lixiviados na degradação dos resíduos e no tratamento “in situ” e para fornecer dados para a operação de aterros sanitários na região de Istambul. Simularam os AS em dois reactores de forma a estudarem o impacto do volume de lixiviados e a frequência de degradação em aterro. A composição dos resíduos sólidos urbanos utilizados era a seguinte: 76% de resto de alimentos, 12% de papel, 4% de plásticos, 4% de têxteis, 3% de resíduos verdes e 1% de metal da massa total dos RSU. O aumento na frequência de recirculação de lixiviados resultou na estabilização rápida dos resíduos, ou seja, diminuição do potencial. Na última fase do estudo, os valores de potencial diminuiu de aproximadamente -125 para -415mV, devido ao efeito positivo da neutralização do pH das águas lixiviantes. A concentração de matéria orgânica diminuiu com a recirculação, sendo acompanhada por um aumento de concentração de gás metano.

O comportamento da concentração de amónia foi atribuída directamente à natureza da estratégia de gestão de recirculação de lixiviados, devido aos nutrientes disponíveis dentro da coluna, oferecendo uma maior oportunidade para sua acumulação e / ou remoção através da assimilação biológica

Concluído através do sistema projectado para simular o ambiente do aterro, que controlado as condições anaeróbicas com a recirculação d lixiviados acelera a estabilização da matriz de resíduos e do tratamento de lixiviados “in situ”. A gestão de recirculação de lixiviados como estratégia de estabilização de resíduos é obtida, reflectindo-se no maior volume de gás produzido e composição (aumento das concentrações de gases). O grau de estabilização dos resíduos e a eficiência da remoção da matéria orgânica foram dependentes das fases operacionais. A reciclagem de lixiviados promoveu o desenvolvimento de mecanismos responsáveis pela estabilização dos resíduos e do tratamento de lixiviados, o controle de pH também contribui para esta estabilização. A reintrodução de nutrientes necessários reforçou o crescimento da população microbiana. A recirculação de lixiviados é uma forma viável para o tratamento “in situ”, diminuindo o custo externo do tratamento adicional.

Caso de estudo 5

Shouliang *et al.* (2008) desenvolveram um estudo para investigar as características da matéria orgânica dissolvida em lixiviados com diferentes idades num aterro de Pequim através da espectroscopia química e análise elementar. As amostras foram retiradas de três sítios diferentes do AS, célula nova do aterro (amostra A), célula com idade média (amostra B) e um reactor com resíduos de um aterro com mais de 10 anos (amostra C). O espectro apresentou 4 picos de fluorescência, dois primeiros picos estão associados a comprimentos de onde de proteínas, em que a fluorescência foi associada triptofano e tirosina. As características que os lixiviados possuía, em pontos de amostragem diferentes, diminuía com o aumento da idade dos aterro. A relação CBO₅/CQO diminui na amostra C, o que indica que a biodegradabilidade da matéria orgânica nos lixiviados diminuiu com a idade do aterro. A alta concentração de ácidos voláteis e pH baixo indicou que a amostra A se encontrava em fase ácida. Os ácidos húmicos extraídos dos lixiviados continha um maior teor de carbono, azoto e menor teor de oxigénio do que os ácidos fulvicos e as amostras hidrofílicas. Os lixiviados do aterro jovem apresentou picos de fluorescência, este picos devem-se à presença de proteínas, enquanto lixiviados da amostra B e C apresentaram uma fluorescência semelhante

referente a ácidos húmicos e fúlvicos. O grau de humificação e os componentes aromáticos aumentam com o aumento da idade do aterro.

No Quadro 6 está representada o comportamento da CQO nos cinco casos de estudo acima descritos, mostrando as semelhanças e diferenças do deste parâmetro.

Quadro 6. Relação do CQO nos casos de estudo apresentados.

Autor	Duração do estudo	Idade do aterro/célula	Resultados de CQO	
Chen <i>et al.</i> (2009)	300 Horas 500 Horas 1200 Horas	1 Ano 6 Anos 11 Anos	Diminuição da concentração ao longo do tempo (de 2020mg/l para 495 mg/l)	
Kulikowska e Klimiuk (2007)	4 anos	23 meses após o início de exploração 4anos após a exploração	Diminuição da concentração ao longo do tempo (de 1800 mg/l para 610mg/l)	
Ziyang <i>et al.</i> (2009)	-	Fase inicial de exploração 5 anos 11anos	Diminui a concentração ao longo do tempo (36657 mg/l – 1500mg/l)	
San e Onay (2001)	275 dias	Recolha directa dos RSU em cinco municípios	<u>Com recirculação</u> Diminui a concentração ao longo do tempo (39000 mg/l- 11000 mg/l)	<u>Sem recirculação</u> Diminui a concentração ao longo do tempo (45000 mg/l – 10000 mg/l)
Shouliang <i>et al.</i> (2008)	-	Nova célula Célula <4anos Célula4-13anos	Diminui a concentração ao longo tempo (53 mg/l – 2 mg/l)	

Como se verifica no Quadro 6, que resume a informação acerca da evolução do CQO nos diferentes casos de estudo, pode-se concluir que em todos os estudos efectuados a CQO diminui ao longo do tempo. De destacar a grande diferença de valores obtidos por San e Onay (2007), no entanto, estes recolherem as suas amostras directamente a partir dos resíduos municipais, enquanto as amostras dos restantes estudos são provenientes do aterro.

No Quadro 7 apresenta-se o comportamento do azoto amoniacal para os cinco casos de estudo acima descritos, e respectivas semelhanças e diferenças deste parâmetro.

Quadro 7. Relação do azoto amoniacal nos casos de estudo apresentados.

Autor	Tempo do estudo	Idade do aterro/célula	Resultados de azoto amoniacal	
Chen <i>et al.</i> (2009)	300 Horas 500 Horas 1200 Horas	1 Ano 6 Anos 11 Anos	Diminui a concentração ao longo do tempo (de 100 mg/l para 50 mg/l)	
Kulikowska e Klimiuk (2007)	4 anos	23 meses após o início de exploração 4anos após a exploração	Aumentou a concentração ao longo do tempo (de 66 mg/l para 364 mg/l)	
Ziyang <i>et al.</i> (2009)	-	Fase inicial de exploração 5 anos 11anos	Diminui a concentração ao longo do tempo (de 4600mg/l para 1400 mg/l)	
San e Onay (2001)	275 dias	Recolha directa dos RSU em cinco municípios	<u>Com recirculação</u> Aumento da concentração nos primeiros 22 dias Diminui nos restantes (de 850mg/l para 700 mg/l)	<u>Sem recirculação</u> Aumento da concentração nos primeiros 22 dias Diminui nos restantes (de 750mg/l para 500 mg/l)
Shouliang <i>et al.</i> (2008)	-	Nova célula Célula <4anos Célula4-13anos	Aumento da concentração ao longo do tempo (2,76mg/l – 796mg/l)	

Através do Quadro 7 verifica-se que o azoto amoniacal não apresenta um comportamento idêntico nos diferentes estudos. No caso de estudo de Kulikowska e Klimiuk (2007) o azoto amoniacal aumentou ao longo da fase de exploração do aterro. Os autores dizem que isto pode ser devido à fermentação e hidrólise das fracções azotadas de substrato biodegradável. No caso de estudo de Shouliang *et al.* (2008),

também se verificou um aumento na concentração de azoto amoniacal. Nos restantes casos este composto diminui com o aumento da idade do aterro.

No Quadro 8 está representada o comportamento do pH nos cinco casos de estudo acima descritos, mostrando as semelhanças e diferenças do deste parâmetro.

O pH aumenta em todos casos, excepto no estudo de San e Onay (2001) que se manteve ácido em todo o tempo. Este pH constante deve-se ao facto que na recirculação há um controlo deste parâmetro. As outras situações de alcalinidade são semelhantes.

Quadro 8. Relação do pH nos casos de estudos apresentados.

Autor	Tempo do estudo	Idade do aterro/célula	Resultados de pH	
Chen <i>et al.</i> (2009)	300 Horas 500 Horas 1200 Horas	1 Ano 6 Anos 11 Anos	Aumentou ao longo do tempo (de 7,5 para 8,03)	
Kulikowska e Klimiuk (2007)	4 anos	23 meses após o início de exploração 4anos após a exploração	Aumentou ao longo do tempo (de 7,29 para 8,61)	
Ziyang <i>et al.</i> (2009)	-	Fase inicial de exploração 5 anos 11anos	Aumentou ao longo do tempo (de 7,5 para 8,6)	
San e Onay (2001)	275 dias	Recolha directa dos RSU em cinco municípios	<u>Com recirculação</u> Constante 5,6	<u>Sem recirculação</u> Constante até 249 dias depois aumentou (5,6-7,5)
Shouliang <i>et al.</i> (2008)	-	Nova célula Célula <4anos Célula4-13anos	Aumentou ao longo do tempo (de 6,7 para 8,8)	

No Quadro 9 está representada o comportamento da evolução da concentração dos metais para os casos de estudo acima descritos (dos quais apenas dois referem este parâmetro), e respectivas semelhanças e diferenças do deste parâmetro.

Quadro 9. Relação dos metais nos casos de estudo apresentados.

Autor	Tempo do estudo	Idade do aterro/célula	Metais	Resultados de metais
Kulikowska e Klimiuk (2007)	4 anos	23 meses após o início de exploração	Zinco Crómio Cádmio Cobre	Diminui a concentração ao longo do tempo
		4anos após a exploração	Níquel Chumbo Mercúrio	
Ziyang <i>et al.</i> (2009)	-	Fase inicial de exploração	Zinco Crómio Cádmio Cobre	Diminui a concentração ao longo do tempo, excepto para o cobre
		5 anos	Níquel Chumbo	
		11anos	Mercúrio	

Nas investigações feitas por Kulikowska e Klimiuk (2007) e Ziyang *et al.* (2009) a concentração de metais diminui ao longo da fase de exploração do aterro. Os autores concluem que isto acontece devido ao aumento de pH que provoca a diminuição da solubilidade dos metais.

Através dos casos de estudo acima descritos pode-se concluir que alguns parâmetros, como o pH e a matéria orgânica diminuem em função do período da fase de exploração dos aterros. Os lixiviados ao longo do tempo apresentam uma variação em consequência das fases de estabilização do aterro sanitário. Durante a fase metanogénica, o pH das águas lixiviantes aumenta, o que culmina numa menor concentração de metais dissolvidos (efeito da precipitação). No caso de estudo 4 os investigadores estudaram o efeito da recirculação de lixiviados para as células dos AS e concluíram que este método aumenta a actividade microbiana e a concentração de nutrientes, o que, consequentemente provoca uma estabilização dos resíduos relativamente mais rápida.

3. CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

Neste capítulo serão caracterizados os dois aterros em estudo e as condições de clima temperatura, humidade relativa e precipitação. Os elementos climatológicos

apresentados pertencem aos registos das estações meteorológicas do Vidigal (próxima do ASBA) e de S. Brás de Alportel (próxima do ASSA). Existem alguns meses dos quais não se possuem registos.

3.1. Região Algarvia

O Algarve ocupa uma área de 4.928 km², constituído por 16 concelhos: Albufeira, Alcoutim, Aljezur, Castro Marim, Faro, Lagoa, Lagos, Loulé, Monchique, Olhão, Portimão, São Brás de Alportel, Silves, Tavira, Vila do Bispo e Vila Real de Santo António (INETI, 2006).

O território algarvio pode ser classificado em quatro subsistemas: Litoral, Costa Vicentina, Guadiana e Serra/Barrocal (Vieira *et al.*, 2006). O Litoral abrange a faixa entre Lagos e Tavira, fortemente urbanizada, com grande pressão demográfica, turística, imobiliária e onde se encontra a Ria Formosa. A costa Vicentina é o subsistema que abrange os espaços naturais e integrados nas zonas do Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina e locais de valor simbólico ligados aos Descobrimentos Portugueses e aos Oceanos. O subsistema Guadiana circunscreve os territórios de fronteira, espaços naturais como a Reserva Natural do Sapal de Castro Marim e Vila Real de Santo António e a bacia do rio Guadiana e zonas urbanas, Tavira, Castro Marim, Vila Real de Santo António e Alcoutim. A Serra/Barrocal engloba a Serra e uma área de transição com o Litoral, apresentando características rurais. A Serra ocupa cerca de 50% do território regional, possui 9% da população e isola a região Algarvia das influências climáticas do Norte. O Barrocal engloba cerca de 25% da região e suporta 20% da população algarvia (Vieira *et al.*, 2006).

A distribuição geográfica da população na região Algarvia é muito heterogénea, como se pode verificar na Figura 4. Os concelhos menos populosos são: Alcoutim, Aljezur, Castro Marim, Monchique, S. Brás de Alportel e Vila do Bispo. No período analisado (1998 a 2009), estes concelhos sofrem uma diminuição do número de residentes, excepto Aljezur, S. Brás de Alportel e Vila do Bispo.

A população servida (residente) pelo ASSA é superior à servida pelo ASBA, nos anos em estudo. Em 2009 o ASBA servia uma população residente de 198.073 habitantes enquanto o ASSA servia 235.950 habitantes.

É necessário ter em atenção a grande disparidade entre os valores de população residente e a população flutuante (INETI, 2006). A região do Algarve tem grande actividade turística, como se pode verificar nas Figura 5 e 6 pelo número de hóspedes nos estabelecimentos hoteleiros por ano. O concelho de Albufeira é dos que recebe mais pessoas, seguido de Portimão e Loulé, em contrapartida o concelho de Alcoutim não registou ocupação turística no período de tempo em análise.

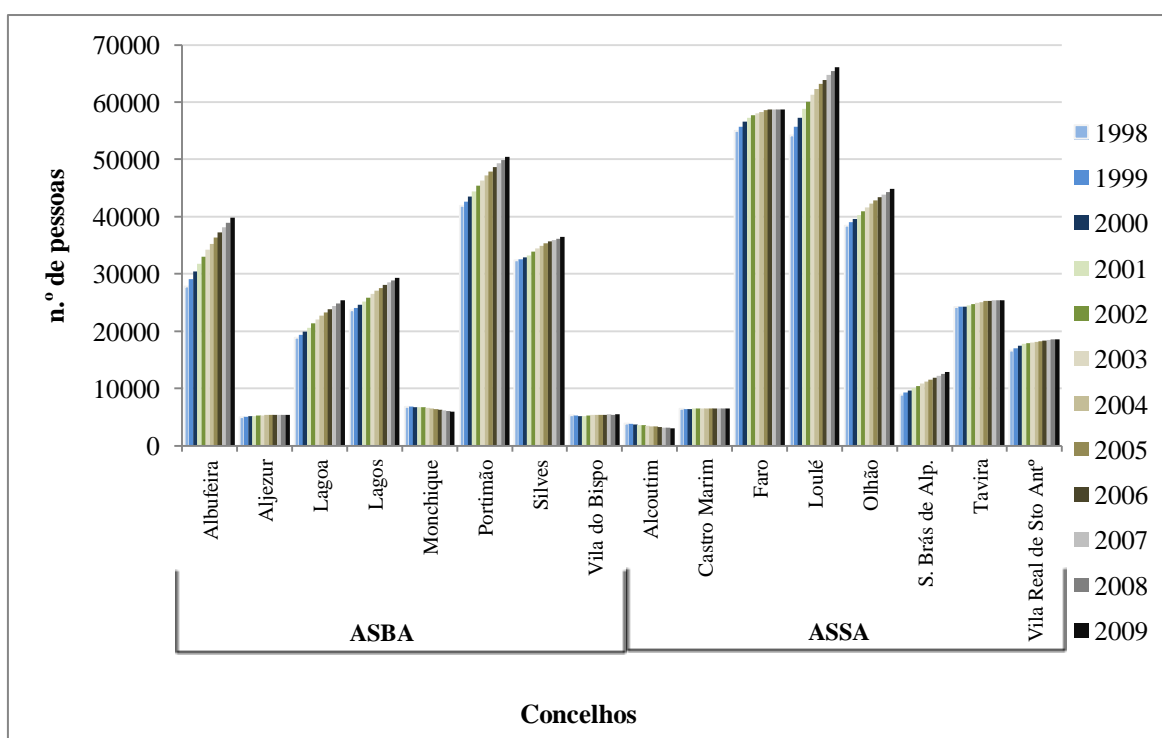


Figura 4. População Residente na região Algarvia no período de 1998 a 2009 (INE, 2010).

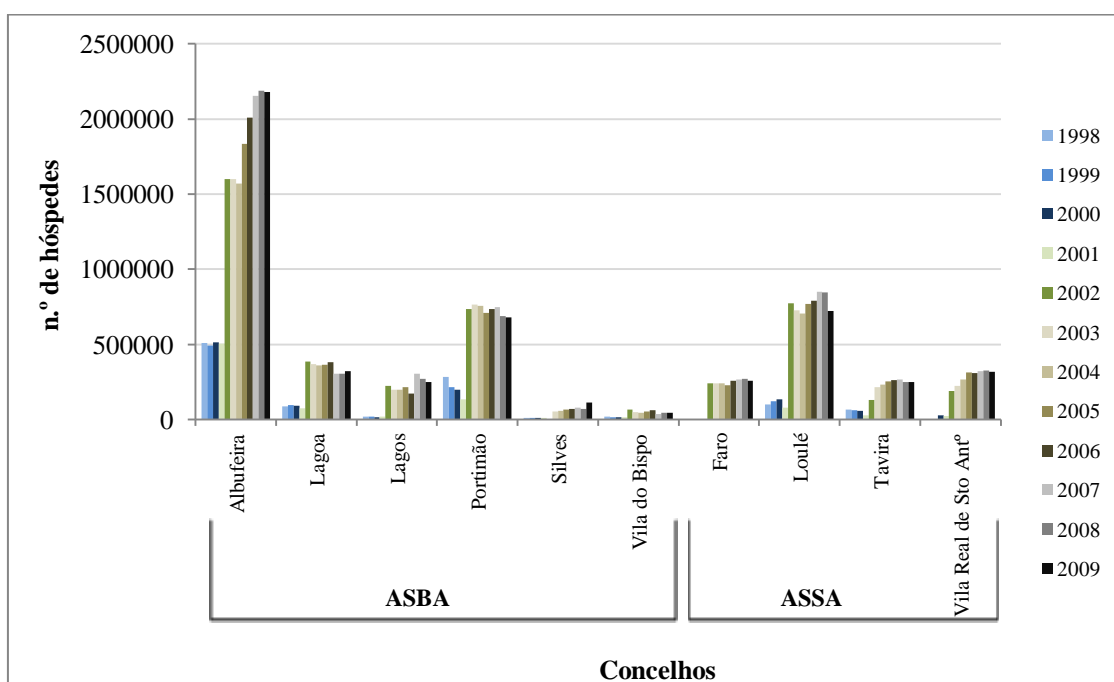


Figura 5. Concelhos algarvios com maior número de hóspedes anuais na região Algarvia no período de 1998 a 2009 (INE, 2010).

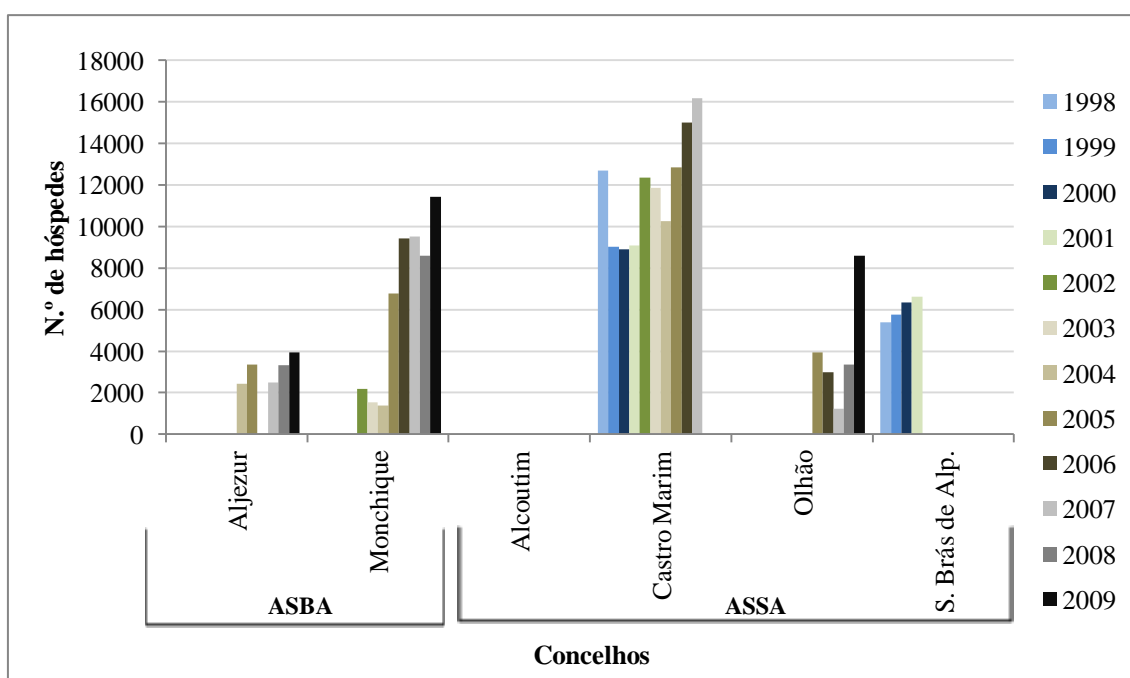


Figura 6. Concelhos algarvios com menor número de hóspedes anuais na região Algarvia no período de 1998 a 2009 (INE, 2010).

3.2. Caracterização dos Aterros Sanitários do Barlavento e Sotavento Algarvio

O aterro sanitário do Barlavento encontra-se localizado em Porto de Lagos, Portimão, e recebe os RSU dos municípios de Albufeira, Aljezur, Lagoa, Lagos, Monchique, Portimão, Silves e Vila do Bispo. O aterro sanitário do Sotavento localiza-se em Barranco do Velho, Loulé, e recebe os RSU de Alcoutim, Castro Marim, Faro, Loulé, Olhão, São Brás de Alportel, Tavira e Vila Real de Santo António. Os dois aterros encontram-se na região Algarvia, Portugal. Na Figura 7 apresenta-se a localização geográfica de cada um dos aterros.

A exploração dos aterros é feita pela ALGAR-Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos do Algarve, S.A.. Esta empresa é a responsável pela valorização e tratamento dos RSU, assim como pela recolha selectiva dos ecopontos/ecocentros em toda a região Algarvia.

O AS do Barlavento está em actividade desde Fevereiro de 1998 e o do Sotavento desde Junho de 2000. O ASBA tem horizonte previsto de vida útil de 24 anos, sendo explorado em duas fases, de 12 anos cada. O ASBA é constituído por 4 células de deposição, as primeiras duas já construídas (célula A e B), correspondentes à primeira fase, com uma capacidade inicial de 1.720.000 m³ de RSU e as duas últimas (célula C e D), correspondentes à segunda fase, com uma capacidade para 2.300.000 m³ de RSU. O ASSA, tal como o do Barlavento, foi construído num vale, aproveitando montes adjacentes, com horizonte previsto de vida útil de 24 anos e é constituído por duas células de deposição iniciais (A e B) com capacidade inicial de deposição de 1.809.070 m³. Numa segunda fase está prevista a construção de mais duas células (C e D), com um volume de deposição de 2.190.000 m³. (INETI, 2006). As células A de ambos os aterros já foram encerradas, no ASBA foi no ano 2002 enquanto a do ASSA foi no ano 2008.

Estes aterros têm impermeabilização das células, drenagem, recolha e tratamento de águas lixivantes e drenagem de biogás. O tratamento das águas lixivantes nos aterros sanitários do Barlavento e Sotavento é feito pela aplicação do método osmose inversa. A água tratada daí resultante é utilizada para limpeza de máquinas e outros equipamentos do aterro (água de serviço). O concentrado proveniente do tratamento é introduzido dentro do aterro. Ocorre também o aproveitamento energético de biogás. O

tratamento dos resíduos consiste no enfiamento, com objectivo de reduzir o volume de resíduos, sendo os fardos produzidos cobertos diariamente com terra. Os lixiviados dos dois aterros são recolhidos por drenos localizados dentro das células, sendo o caudal dos lixiviados condicionado pela manobra de um conjunto de válvulas que podem fechar o circuito e suspender a drenagem das células. Os lixiviados das diferentes células são todos canalizados para a lagoa.

No que diz respeito à fase de exploração do aterro, verifica-se o registo de metano em ambos os AS (SISAQUA, 2004, 2005; EST, 2004, 2005, 2006a, 2006b, 2007a, 2007b, 2008a, 2008b, 2009a, 2009b), dados estes que sugerem que ambos os AS se situem actualmente na Fase Metanogénica.

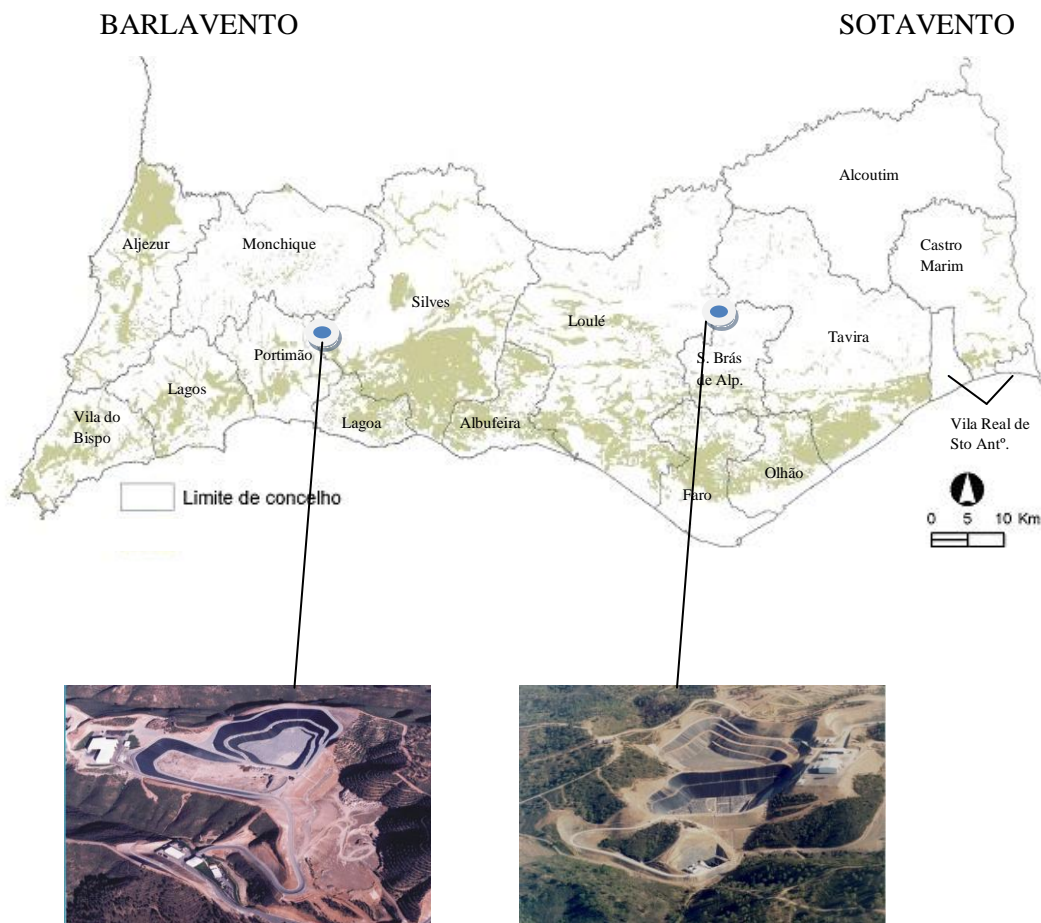


Figura 7. Localização geografia dos aterros em estudo (adaptado de CCDR Algarve, 2005).

3.3. Caracterização climatológica da zona em estudo

Portugal tem uma característica de tonalidade atlântica, que no Verão limita uma estreita faixa litoral e no Inverno cobre quase a totalidade do território, ficando livres áreas mais orientais (Ferreira, 2000). Estas características atmosféricas, a par da assimetria do relevo, são responsáveis pela diminuição da chuva de Norte para Sul (Brito, 1994).

As serras algarvias são as zonas a Sul com maior quantidade de precipitação, particularmente Monchique, exercendo a função de barreira em relação ao Algarve (Ferreira, 2000). A região algarvia apresenta um Inverno suave e conjuga a estação seca com a estação mais quente (ICN, 2005). Esta região apresenta um “clima tipicamente mediterrâneo” (Ribeiro *et al.*, 1997), clima mesotérmico temperado com Verões quentes e pouca precipitação (Peixoto, 1987).

3.2.1. Temperatura

As temperaturas evoluem em sentido inverso ao da precipitação, aumentando de Norte para Sul. As temperaturas elevadas estão associadas a zonas secas e as temperaturas baixas a zonas húmidas, o que acontece no Vale do Guadiana e Algarve (Ferreira, 2000)

No território algarvio os meses mais quentes correspondem à estação de Verão (Junho, Julho, Agosto e Setembro), com temperaturas médias diárias de 22,5 °C. Os meses mais frescos correspondem à estação de Inverno (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), com temperaturas médias diárias na ordem dos 12,4 °C e 11,8 °C, respectivamente nas estações de Faro/Aeroporto e Tavira (ICN, 2005).

A partir das Figuras 8 e 9 também se pode verificar que os meses mais quentes correspondem à estação de Verão, sendo que, na estação de Inverno, a temperatura do ar média é mais baixa. A estação do Vidigal indica uma temperatura média mensal para os meses de Verão entre 20 e 25 °C e a estação de S. Brás de Alportel regista temperatura semelhante entre 20 e 26°C, no período em estudo. Para o Inverno a temperatura do ar média mensal varia entre 10 e 15 °C e entre 9 e 14 °C para a estação do Vidigal e de S. Brás de Alportel, respectivamente.

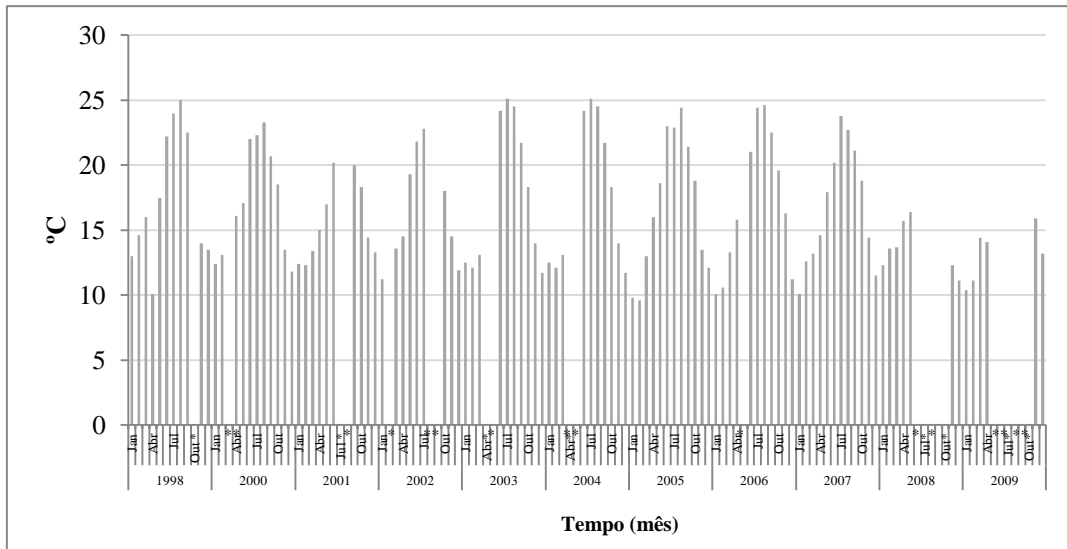


Figura 8. Temperatura do ar média mensal da estação meteorológica de Vidigal (SNIR, 2010); * sem registo.

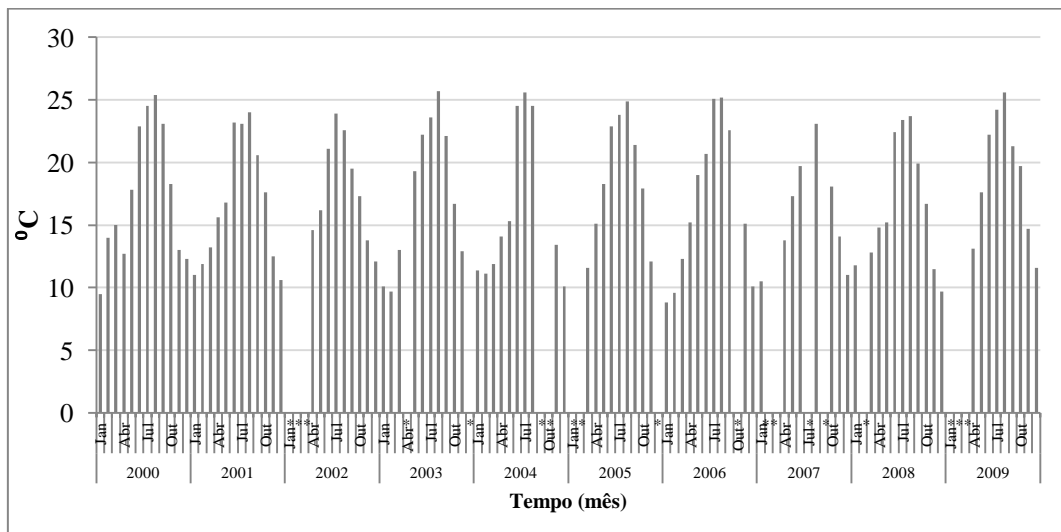


Figura 9. Temperatura do ar média mensal da estação meteorológica de S. Brás de Alportel (SNIRH, 2010);* sem registos.

3.2.2. Humidade relativa do ar

A quantidade de vapor de água na atmosfera é muito variável, atinge os 4%, mas pode descer até zero. A quantidade máxima de vapor de água que pode existir na atmosfera aumenta com a temperatura do ar. A quantidade de vapor de água nas regiões polares e subpolares é muito pequena, enquanto nas latitudes médias é da ordem de 1% em volume. A distribuição geográfica da humidade relativa do ar é complicada porque

depende da humidade absoluta, da temperatura do ar e da natureza e revestimento do solo. Sobre os Oceanos é da ordem dos 80%, sobre as regiões continentais quentes diminui à medida que aumenta a distância do mar e sobre as regiões continentais frias das latitudes altas a diminuição é pouco sensível. Em regra, uma variação da temperatura do ar corresponde a uma variação da humidade relativa em sentido contrário (INMG, 1985).

Este é o único elemento climático da região em estudo com características atlânticas, dado que em termos gerais os outros parâmetros climáticos caracterizam-se num clima predominantemente mediterrânico. A humidade relativa mantém-se elevada durante todo o ano (ERENA, 2007)

Nas Figuras 10 e 11 verifica-se que a humidade relativa do ar aumenta nos meses de Inverno e diminui no Verão e é muito semelhante nas duas estações meteorológicas. A variação deste elemento climático manifesta-se em sentido contrário à temperatura do ar (Figuras 8 e 9).

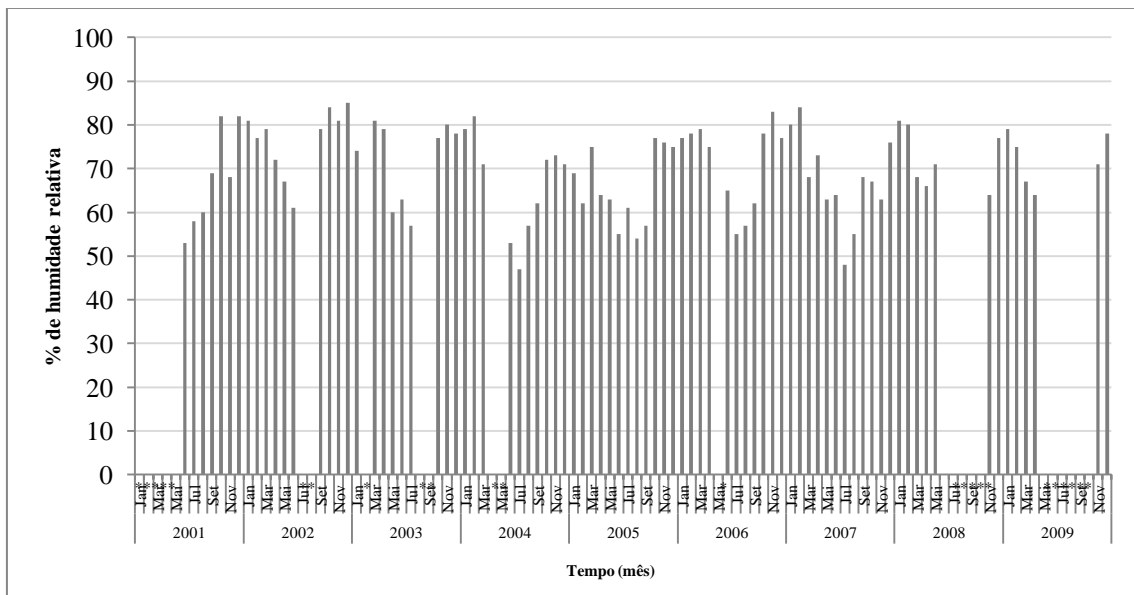


Figura 10. Humidade relativa do ar média mensal da estação meteorológica de Vidigal (SNIRH, 2011); * sem registo.

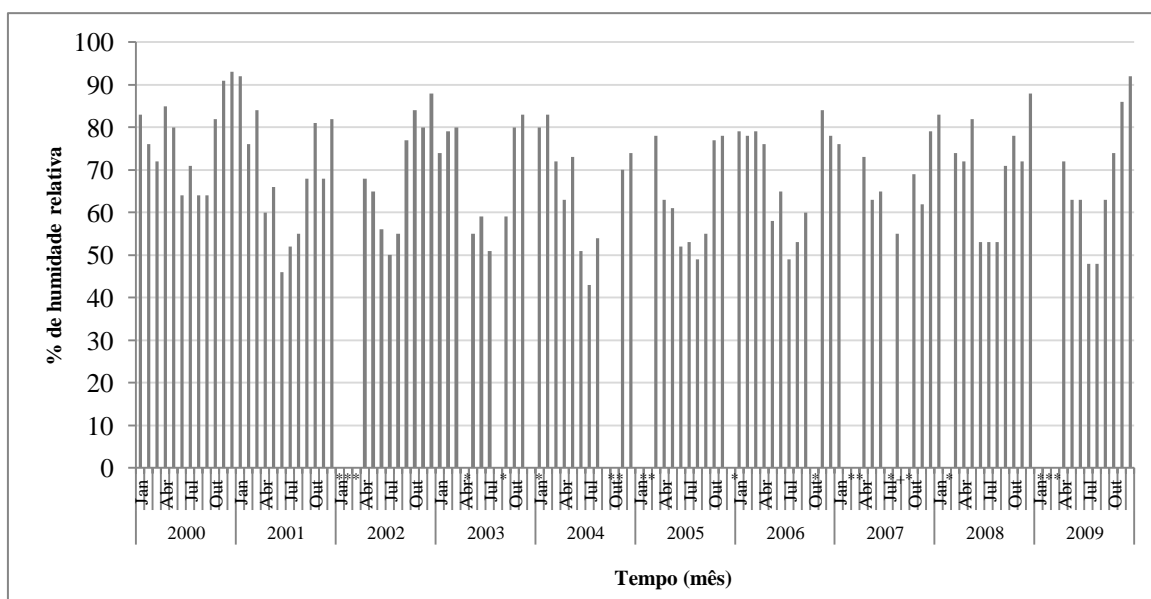


Figura 11. Humidade relativa do ar média mensal da estação meteorológica de S. Brás de Alportre; * sem registo.

3.2.3. Precipitação

As situações responsáveis pela ocorrência de precipitação na região Algarvia devem-se, no Inverno, à passagem da frente polar constituída por correntes de origem marítima, originando as massas de ar frio, cuja influência é bloqueada, por vezes, por um anticiclone quente, localizado sobre o Golfo da Biscaia e as Ilhas Britânicas. No Outono são as “famílias” ciclónicas do Atlântico que têm predominância, reforçando a tendência para um tempo instável, com céu nublado e chuva, enquanto que, no Verão, se caracteriza por escassas precipitações, devido à acção de dois anticiclones estáveis (ICN, 2005).

Pode verificar-se que, nas Figuras 12 e 13, na maioria dos anos, os meses de maior precipitação são Dezembro, Janeiro e Fevereiro (Inverno). Nos meses de Junho, Julho, Agosto e Setembro (Verão) a precipitação é quase inexistente. Em 2009 só existem registos de Janeiro e Fevereiro.

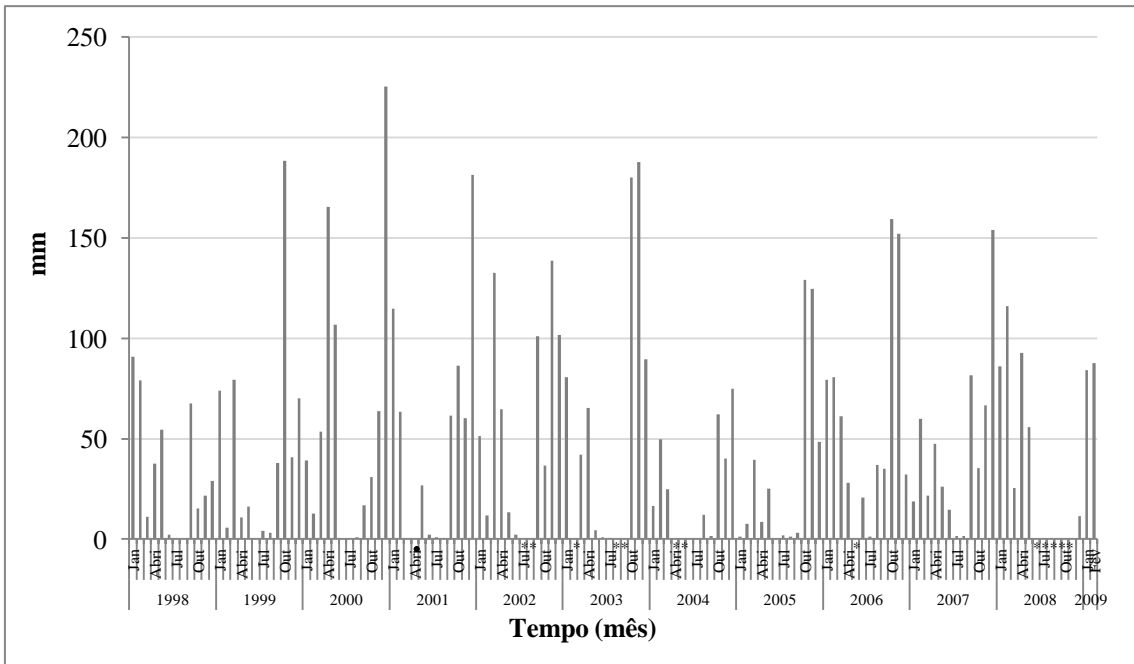


Figura 12. Precipitação média na estação meteorológica de Vidalgo (fonte: SNIRH); *sem registo.

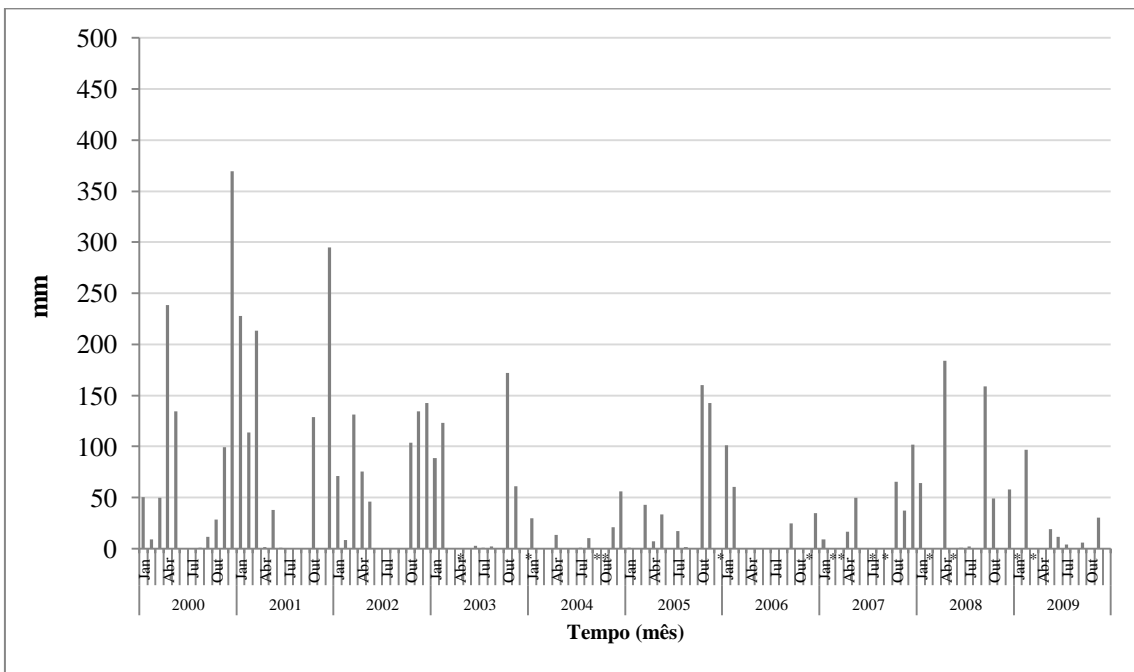


Figura 13. Precipitação média na estação metereologica de S. Braz de Alportel (fonte: SNIRH); * sem registo.

4. METODOLOGIA

Neste capítulo descreve-se a metodologia utilizada no presente estudo.

4.1. Tarefas: Objectivos e Metas

No Quadro 10 apresentam-se as tarefas desenvolvidas no decurso da dissertação, os respectivos objectivos de cada tarefa e metas de forma resumida.

Quadro 10. Tarefas e respectivos objectivos e metas desenvolvidas no presente estudo.

Tarefa	Objectivos	Metas
Revisão bibliográfica	Aquisição de um maior conhecimento, compreensão sobre o tema.	Elaboração de capítulos teóricos; Fundamentar a realização da parte prática do estudo.
Análise dos RSU que vão para aterro	Conhecer o tipo de resíduos que entra em cada aterro sanitário; Conhecer a matéria orgânica que entra nos aterros.	Relacionar a matéria orgânica nos RSU com a evolução da composição dos lixiviados.
Recolha e análise de dados relativos à composição dos lixiviados	Conhecer a composição dos lixiviados de cada aterro (ASB e ASS).	Analisar a composição dos lixiviados; Identificar em que fase se encontra cada aterro.
Preparação, tratamento e análise dos resultados	Organização e compilação da informação obtida.	Atingir os objectivos; Efectuar a conclusão.
Redacção da dissertação	Descrição teórica e prática do estudo.	Finalização do trabalho.

4.2. Recolha e análise de dados relativamente à composição dos lixiviados

Os dados utilizados no presente trabalho, análises químicas dos lixiviados do ASBA e ASSA, foram fornecidos pela empresa gestora dos dois aterros sanitários, ALGAR-

Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos do Algarve, S.A. e encontram-se nos relatórios anuais de monitorização ambiental dos dois aterros.

Os parâmetros estudados têm os seguintes métodos de quantificação (EST, 2007a, 2007b):

- CBO₅ (20°C) – Método respirométrico. SMEWW 5210 D;
- CQO – Método do dicromato de potássio. SMEWW 5220 D;
- SST – Gravimetria. SWEWW 2540 D;
- Azoto total – Digestão alcalina. E. A. M. NP 4338-1;
- Amónia - E. A. M. Método do Renato. SMEWW 4500-NH₃ F;
- Fósforo total – Digestão Alcalina. E.A. M. Método do ácido ascórbico. SMEWW 4500-P E;
- pH – Electrometria. SMEWW 4500-H⁺B;
- Condutividade – Electrometria 2510 B;
- Potássio, Sódio, Cálcio e Magnésio – Absorção atómica. Chama. 3111B;
- Cloretos – Titulação. SMEWW 4500 Cl;
- Sulfatos – E. A. M. Método turbidimétrico;
- Cobre, Ferro, e Zinco – Absorção Atómica. Chama. 3111B;
- Crómio, Cádmio, Níquel e Chumbo – Absorção Atómica. Câmara de Grafite. 3113 B;
- Arsénio e Mercúrio – Absorção Atómica. FIAS. SMEWW 3114.

Nem todos os compostos têm análise mensal pois, devido ao plano de monitorização da empresa, alguns compostos só têm análise trimestral, semestral ou anual.

Seguidamente à recolha dos dados realizou-se a sua compilação de forma a fazer uma análise temporal dos diferentes parâmetros, o que levou a uma discussão sobre a evolução de cada composto nos lixiviados e a uma comparação com outros AS e com os valores típicos para as idades de aterros (Figura 14).

A recolha das amostras não foi feita sempre no mesmo local, mas em dois locais distintos. Uns dados referem-se às concentrações nos lixiviados logo à saída das células e outros da lagoa que recebe os lixiviados vindos das células, antes de entrarem na osmose inversa. No entanto, na discussão não se teve em consideração alguma influência da lagoa na concentração dos compostos nos lixiviados.

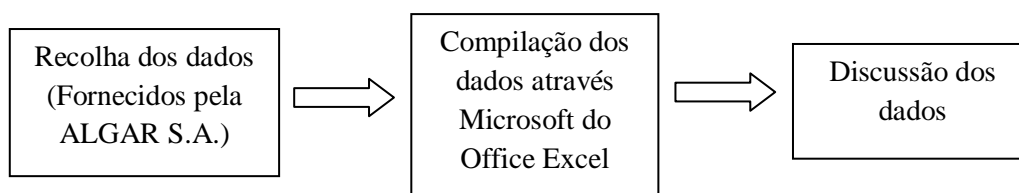


Figura 14. Representação esquemática da metodologia dos dados.

Para a comparação dos dois aterros em estudo com os aterros referidos anteriormente na revisão bibliográfica, consideraram-se duas nomenclaturas:

Tchobanoglous *et al.* (1993)

- ASBA – 1998 e 1999 aterro novo (<2 anos); 2000 a 2008 aterro meia-idade (2 - 10 anos); 2009 aterro velho (>10 anos).
- ASSA – 2000 e 2001 aterro novo (< 2anos); 2002 a 2009 aterro meia-idade (2- 10 anos).

Renou (2008)

- ASBA – 1998 a 2003 aterro novo (<5 anos); 2004 a 2008 aterro meia-idade (5 - 10 anos); 2009 aterro velho (>10 anos).
- ASSA – 2000 e 2005 aterro novo (<5 anos); 2002 a 2009 aterro meia-idade (2- 10 anos).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo analisaram-se os dados de deposição e características dos RSU, a evolução dos compostos nos lixiviados, a eficiência da osmose inversa para alguns parâmetros dos dois aterros sanitários e as limitações do estudo. Desta forma optou-se por subdividir o capítulo em seis sub-capítulos.

5.1. Evolução dos Resíduos Sólidos Urbanos

Neste sub-capítulo analisou-se a evolução dos resíduos depositados nos dois aterros, do Barlavento e Sotavento Algarvio, desde o início da exploração (Figuras 15 e 16; Quadro 17).

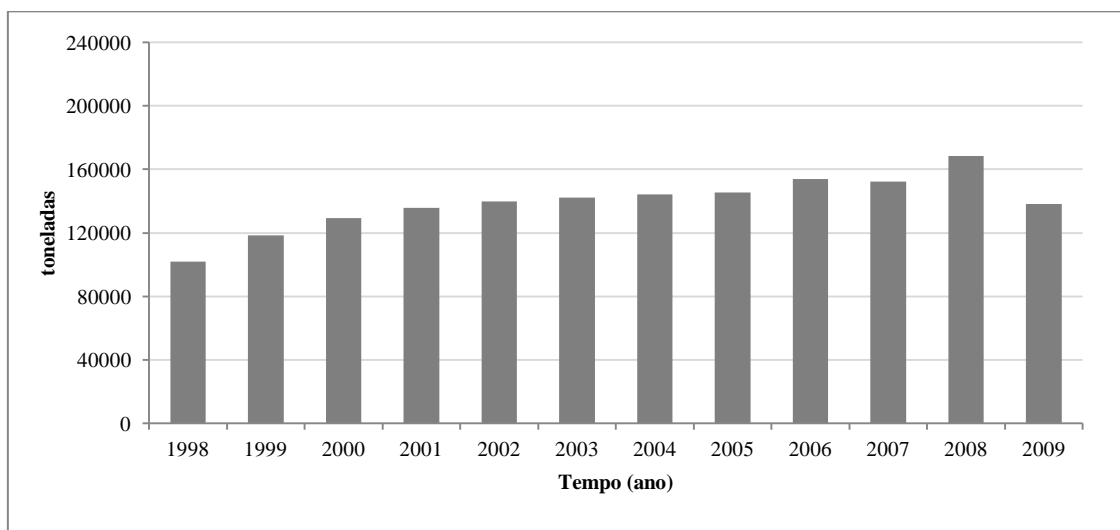


Figura 15. Resíduos depositados no ASBA.

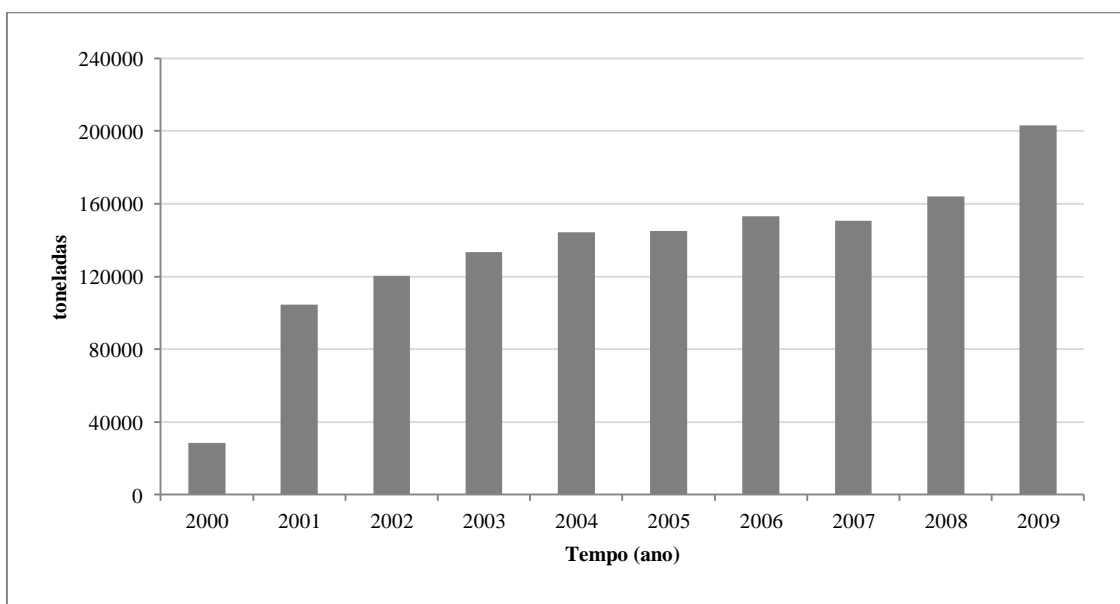


Figura 16. Resíduos depositados no ASSA.

Os resíduos depositados nos dois aterros tem vindo a crescer. Verifica-se que no ano 2008, no ASBA, existe um aumento em relação a 2009, o que se deve ao facto dos RSU

do ASSA serem transferidos para o ASBA, devido aos preparativos para o início da exploração da célula B do ASSA. A quantidade média diária de resíduos depositados no ASBA variou de 324 a 462 toneladas, enquanto que no ASSA a média diária variou entre de 287 e 556 toneladas, no período em estudo. As quantidades de resíduos depositados anualmente nos dois AS são muito semelhantes.

As células A dos dois aterros já foram encerradas, a do Barlavento em 2001, com 600.000 m³ de resíduos depositados, enquanto que a do aterro do Sotavento foi em 2008, com 1.084.635 m³ de resíduos. Nas células B do ASBA e do ASSA, actualmente em exploração, já foram depositados 1.193.788 e 378.879 m³ de resíduos, respectivamente (ALGAR, 2011).

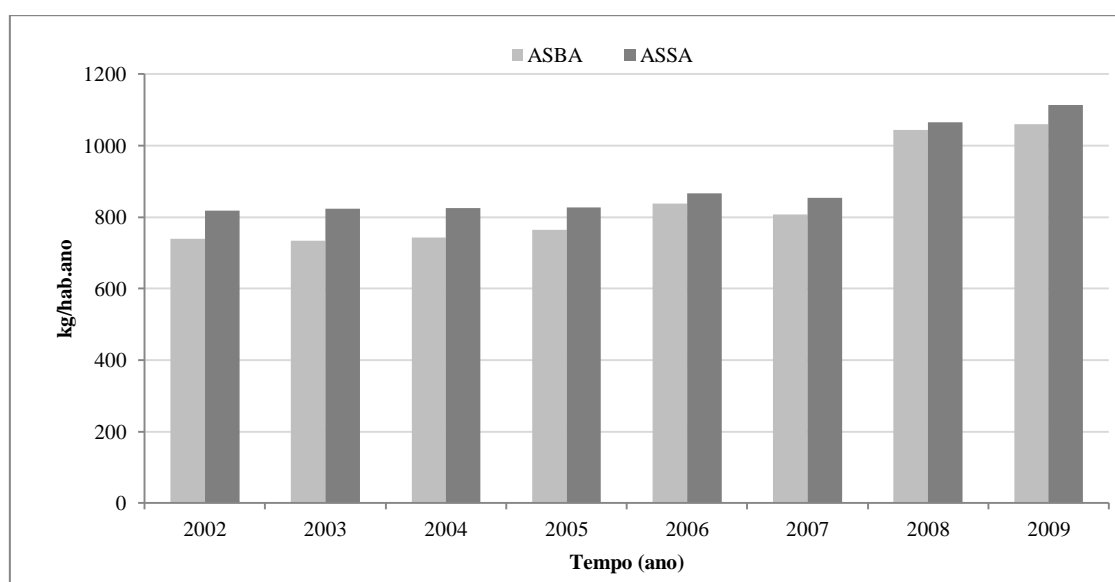


Figura 17. Resíduos recolhidos por habitante anualmente (INE, 2011).

A captação (kg/hab.ano) tem vindo a aumentar ao longo dos anos, sendo a do Sotavento maior que a do Barlavento (Figura 17). A maior captação do Sotavento pode dever-se ao facto de ser nesta zona que se encontram as cidades com maior população residente (segundo Faria (1995), quanto maior a população nos concelhos maior é a captação).

Segundo APA (2010), a quantidade de resíduos produzidos por habitante em 2009, captação anual, foi de 511 kg/hab.ano em Portugal. Pode-se verificar a partir da Figura 17 que a captação na região Algarvia, em 2009, é o dobro da captação registada em

Portugal. As variações nas quantidades de RSU produzidos relacionam-se com diversos factores, tais como (Dorfmann, 1985): nível de vida da população (situação sócio-económica e cultural); dimensão do agregado familiar; tipo e dimensão da habitação; estação do ano (por exemplo, diferentes hábitos de alimentação e movimento de férias); modo de vida das populações (por exemplo, migrações pendulares, movimento em fim-de-semana e feriados, tipo de actividade profissional); situação geográfica (por exemplo, interior/litoral); e evolução tecnológica e de consumo (por exemplo, mais embalagens e hábitos de consumo).

5.2. Características dos resíduos

Os RSU que entram no aterro têm na sua composição matéria orgânica biodegradável (MOB). A quantidade de matéria orgânica difere nos diferentes componentes dos RSU, sendo que cerca de 36% dos RSU produzidos em Portugal constituem a fracção orgânica facilmente biodegradável (Almeida e Cunha-Queda, 2005). No Quadro 11 estão representados os componentes dos RSU que têm uma fracção orgânica facilmente biodegradável.

Quadro 11. Características dos RSU em Portugal (adaptado de INR, 2000).

Componente dos RSU	MOB	% nos RSU
Papel/Cartão	X	26,4
Vidro	-	7,4
Plástico	-	11,1
Metais	-	2,75
Têxteis	-	2,6
Madeira/Embalagens	-	0,5
Materiais fermentáveis	X	26,5
Verdes	X	1,89
Parte lenhosa dos verdes	-	1,26
Finos <20 mm	X	14,25
Outros resíduos	-	5,35
Total		100

No Quadro 12 encontra-se a percentagem de massa seca de matéria orgânica nos componentes com composição de MOB. Os verdes não se encontram referidos devido à existência de duas estações de compostagem, uma na zona Sotavento (Tavira) e outra no Barlavento (Portimão) Algarvio.

Quadro 12. Valores relativos aos componentes de MOB (adaptado de EST, 2009a, 2009b).

Componente	Peso Húmido (%)	Humidade (%)	Peso Seco (%)
Papel/Cartão	26,40	6	24,82
Materiais fermentáveis	26,50	70	7,95
Finos <2mm	14,25	70	4,28
Total	67,15		37,04

O papel/cartão é uma das componentes que apresenta maior percentagem nos RSU e a que tem maior quantidade em peso de matéria orgânica. Os materiais fermentáveis representam a maior quantidade nos RSU, mas em matéria seca tem 7,95% em relação ao seu peso húmido. Contudo, a percentagem de massa seca em MOB que entra nos aterros sanitários é de 37,04% (Quadro 12).

Verifica-se a partir do Quadro 16 que os países da Europa com menor fracção de matéria orgânica nos RSU são Áustria, França e Irlanda. Por outro lado, a Grécia é o país que apresenta maior fracção orgânica nos RSU.

5.2.1. Matéria Orgânica Biodegradável

Para compreender melhor a quantidade de matéria orgânica que entra em cada aterro apresenta-se uma evolução anual (Figuras 18 e 19) e mensal (Figuras 20 e 21). A evolução mensal será feita a partir do ano 2004 para ambos os aterros (ASBA e ASSA), devido à falta de dados mensais da deposição de RSU dos anos anteriores.

- **Anual**

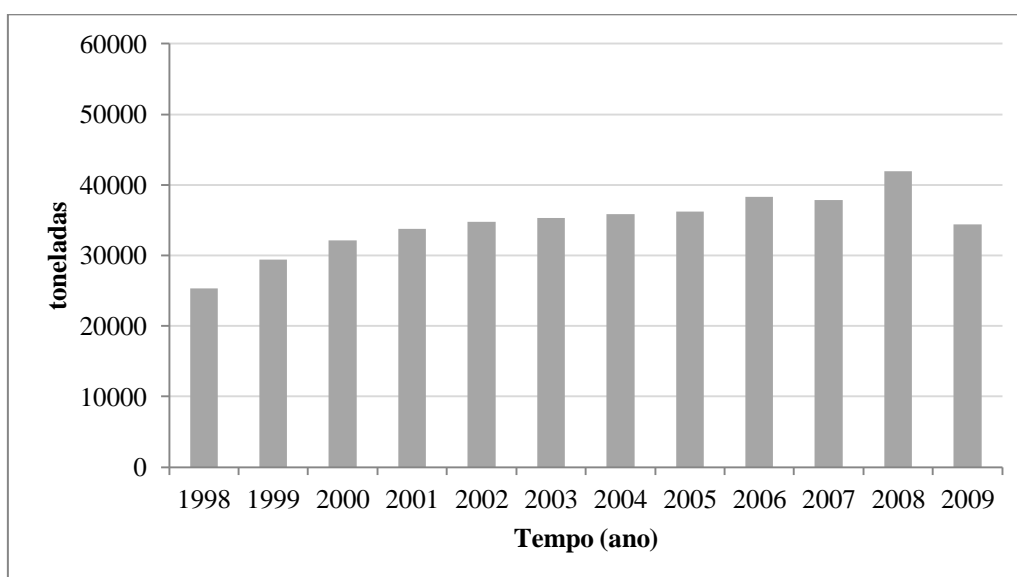


Figura 18. Matéria orgânica biodegradável depositada no ASBA.

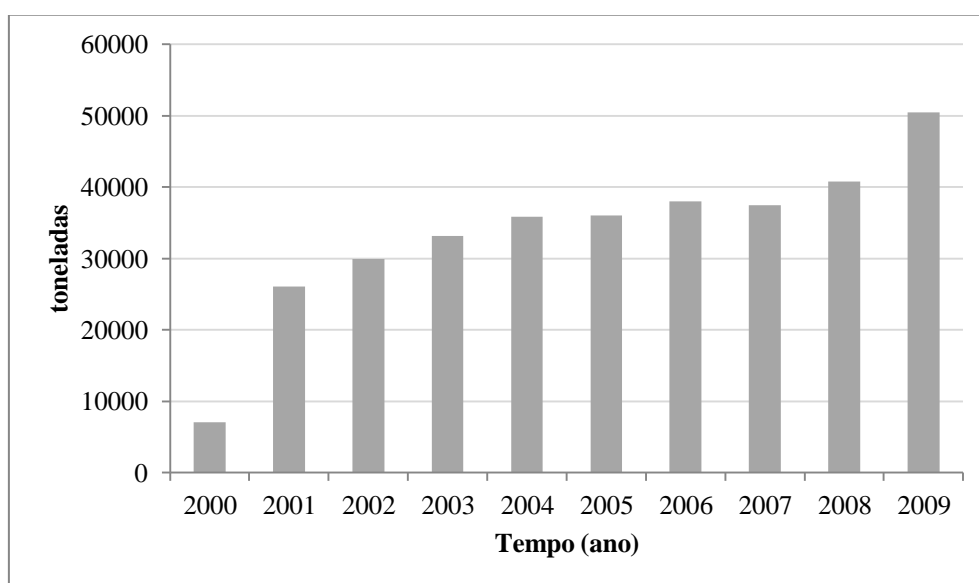


Figura 19. Matéria orgânica biodegradável depositada no ASSA.

A MOB ao longo dos anos tem um comportamento igual à evolução dos RSU depositados, pois para verificar o que entra nos aterros de matéria orgânica simplesmente se multiplicou a quantidade de RSU depositados pela percentagem que está atribuída, no Quadro 12, à MOB.

A partir das Figuras 18 e 19, observa-se que os valores da matéria orgânica depositada nos dois aterros são muito semelhantes, sendo os valores do ASBA ligeiramente superiores, excepto no ano 2009, em que o valor matéria orgânica depositada ASBA é menor que no ASSA. No ASBA a quantidade de MOB nos RSU não ultrapassa as 50000 toneladas, enquanto no ASSA, em 2009, a MOB está um pouco acima.

- **Mensal**

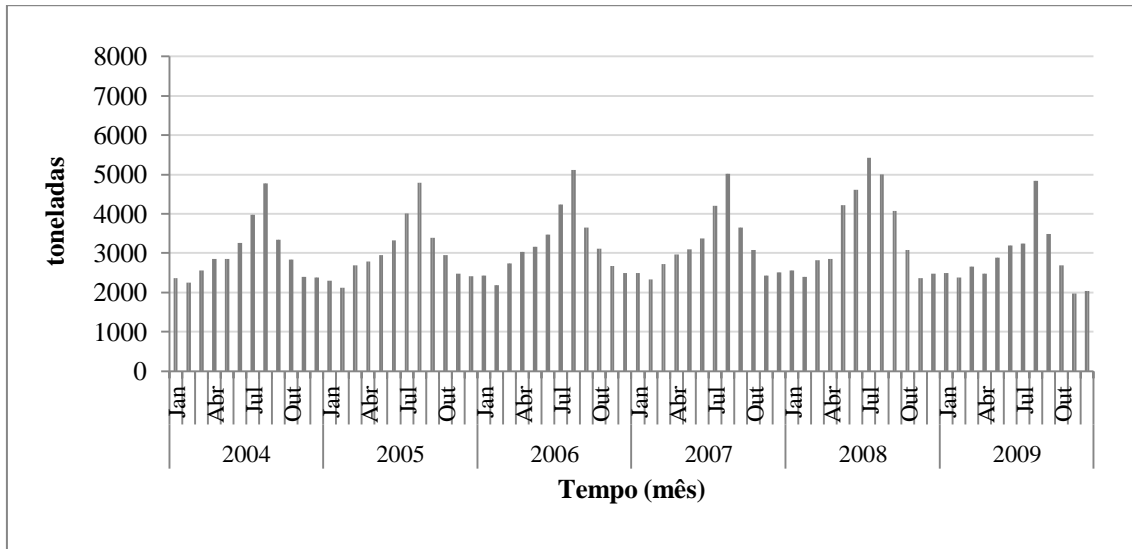


Figura 20. Matéria orgânica biodegradável depositada no ASBA mensalmente.

Pode observar-se, através da Figura 20, que a matéria orgânica depositada tem variação sazonal. No ASBA, nos meses de Verão (Junho, Julho, Agosto e Setembro) verifica-se maior quantidade de MOB depositada relativamente aos meses de Inverno. Esta variação sazonal está relacionada com o aumento de população verificado no Algarve nesta altura do ano, o que origina maior produção de resíduos e maior quantidade de RSU depositados no aterro.

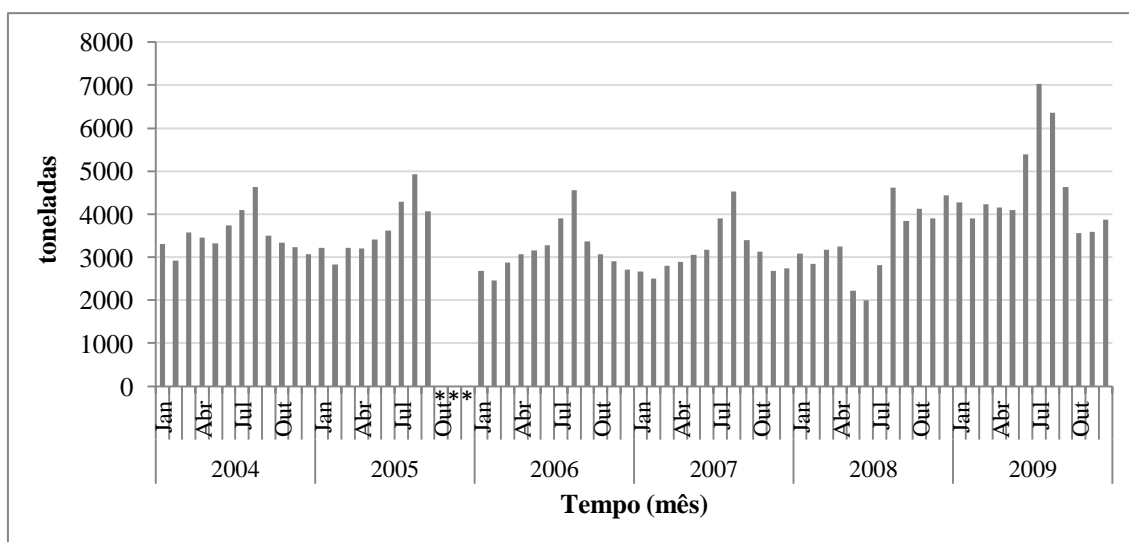


Figura 21. Matéria orgânica biodegradável depositada no ASS, mensalmente; * sem registo.

Como se verificou anteriormente no ASBA, também se observa no ASSA (Figura 21) maior deposição de matéria orgânica no aterro nos meses de Verão, sendo no mês de Agosto que se verifica uma maior deposição. Isto não é visível apenas no ano 2009, em que é o mês de Julho que apresenta maior valor.

5.3. Compostos dos lixiviados

Neste subcapítulo efectua-se uma análise da evolução dos compostos nos lixiviados dos dois aterros. As Figuras seguintes mostram o comportamento dos compostos ao longo da fase de exploração de cada AS.

O tempo que os RSU estão depositados influencia a qualidade dos lixiviados do AS, de forma que o potencial poluidor decresce com o tempo. A qualidade dos lixiviados encontra um limite de diversidade de seus componentes depois de dois ou três anos, aproximadamente, seguidos pelo declínio gradual nos anos seguintes (Paes, 2003).

5.3.1. CBO₅

A CBO₅ sempre foi caracterizada como uns dos principais parâmetros na qualidade da água. É definida como a quantidade de oxigénio necessária para oxidar a MOB sob condições aeróbias, ou seja, avalia a quantidade de oxigénio que será consumido pelos

microrganismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica e quantifica a poluição orgânica pelo consumo de oxigénio (Lima *et al.*, 2006).

Nas Figuras 22 e 23 encontra-se representada a evolução da CBO₅ nos lixiviados dos dois aterros sanitários, Barlavento e Sotavento Algarvio, mostrando a actividade microbiana na degradação da matéria orgânica.

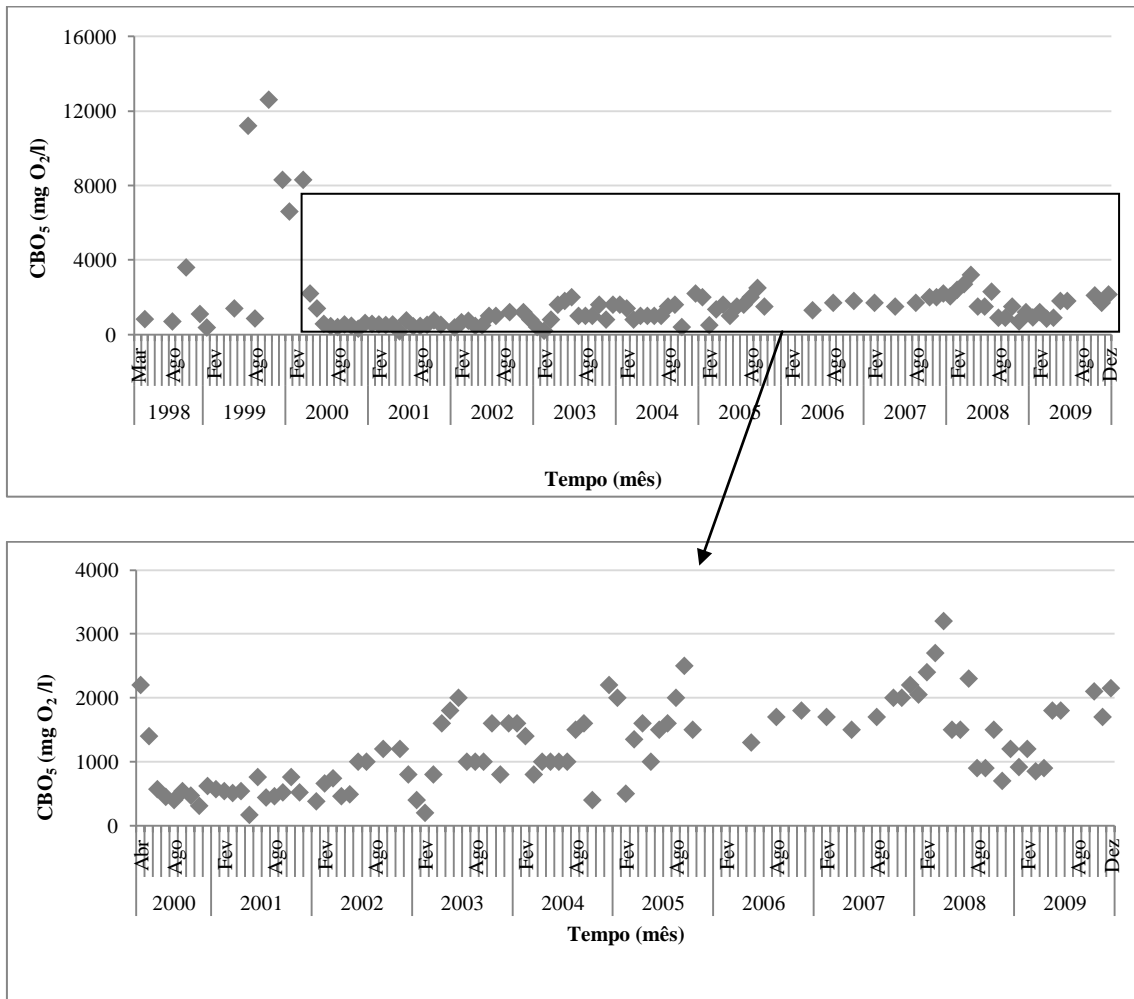


Figura 22. Concentração de CBO₅ nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.

Verifica-se, através da Figura 22 e do Quadro 18 do anexo III, que a CBO₅ teve valores mais elevados entre Julho de 1999 e Março de 2000 nos lixiviados do aterro, atingindo o valor máximo de 12600mg/l em Outubro de 1999. Isto indica que neste período as condições aeróbias no aterro eram bastantes favoráveis para o desenvolvimento da actividade microbiana. Estas condições ocorrem no primeiro ano de exploração. A partir

de Abril de 2000 a concentração começa a aumentar novamente até ao final do ano 2007, com um mínimo de 168 e um máximo de 2500 mg/l. Em 2008 a CBO₅ sofre uma diminuição, verificando-se que nos últimos meses de 2009 a concentração tem tendência a aumentar (850 – 2150 mg/l).

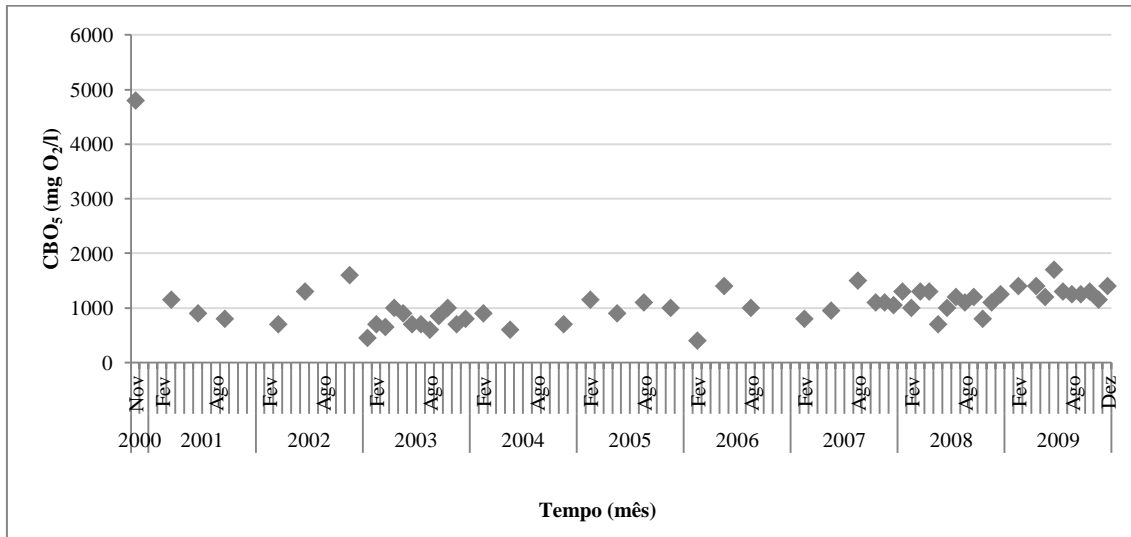


Figura 23. Concentração de CBO₅ nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.

Através da Figura 23 pode verificar-se que a CBO₅ tem variações ao longo da fase de exploração do ASSA, tendo uma tendência crescente pouco acentuada a partir do início do ano 2003. Os valores no período de 2001 a 2009 oscilam entre 400 e 1700 mg/l (Quadro 19).

Comparando as concentrações do parâmetro dos dois aterros verifica-se que a do aterro do Barlavento é superior à do Sotavento, o que se pode dever a actividade microbiana nos dois aterros ser diferente e à quantidade de matéria orgânica depositada no ASBA ser maior. Verificando as Figuras 18 e 19 a matéria orgânica que entra no ASSA é superior à do ASBA mas os valores representados são teóricos, pois ao verificar os valores CBO₅ nos lixiviados, dos dois aterros em estudo, conclui-se o contrário.

Segundo EPA (1995), os aterros na fase ácida encontram-se com a CBO₅ nos lixiviados entre 4000 e 40000 mg/l. No ASBA esta fase pode ser verificada entre Julho de 1999 e Março de 2000, enquanto que no ASSA pode ser observada logo no primeiro ano de exploração (2000), tomando como referência o único valor recolhido em 2000. O mesmo autor considera que um aterro jovem (<2 anos) tem uma concentração deste

composto entre 2000 e 30000 mg/l nos lixiviados, verificando-se nos dois aterros em estudo. No Barlavento isso verifica-se nos dois primeiros anos de exploração e no do Sotavento só no primeiro ano de exploração.

No Quadro 3 encontram-se os valores de CBO₅ nos lixiviados para alguns aterros do mundo. Verifica-se que a média de CBO₅ no aterro do Barlavento nos primeiros quatro anos é semelhante à concentração nos lixiviados dos aterros representados. Por outro lado, o do Sotavento, com a mesma idade, assemelha-se somente aos lixiviados do aterro da Itália. Comparando com os aterros de meia-idade (de 5 a 10 anos), os dois aterros em estudo têm a CBO₅ nos lixiviados semelhante ao aterro da Itália. O aterro do Barlavento indica valores nos lixiviados, em 2009, de CBO₅ superiores aos indicados por Tchobanoglous *et al.* (1993) e Renou (2008) para aterros velhos, o que leva a concluir que existe ainda matéria orgânica nos lixiviados que não foi consumida pelos microrganismos. Este composto varia nos lixiviados de aterro para aterro, pois a MOB depositada e as condições a que os microrganismos estão sujeitos varia, influenciando assim a concentração CBO₅.

5.3.2. CQO

A CQO é um parâmetro que quantifica o oxigénio consumido por materiais e substâncias orgânicas e mineiras, que se oxidam sob condições definidas. No caso das águas, este parâmetro torna-se particularmente importante por estimar o potencial poluidor de efluentes (Zuccari *et al.*, 2005).

Com a análise da Figura 24 e 25 verifica-se que a CQO tem oscilações nos lixiviados ao longo do tempo de exploração dos aterros, evidenciando assim a quantidade de matéria orgânica susceptível de ser oxidada por meios químicos.

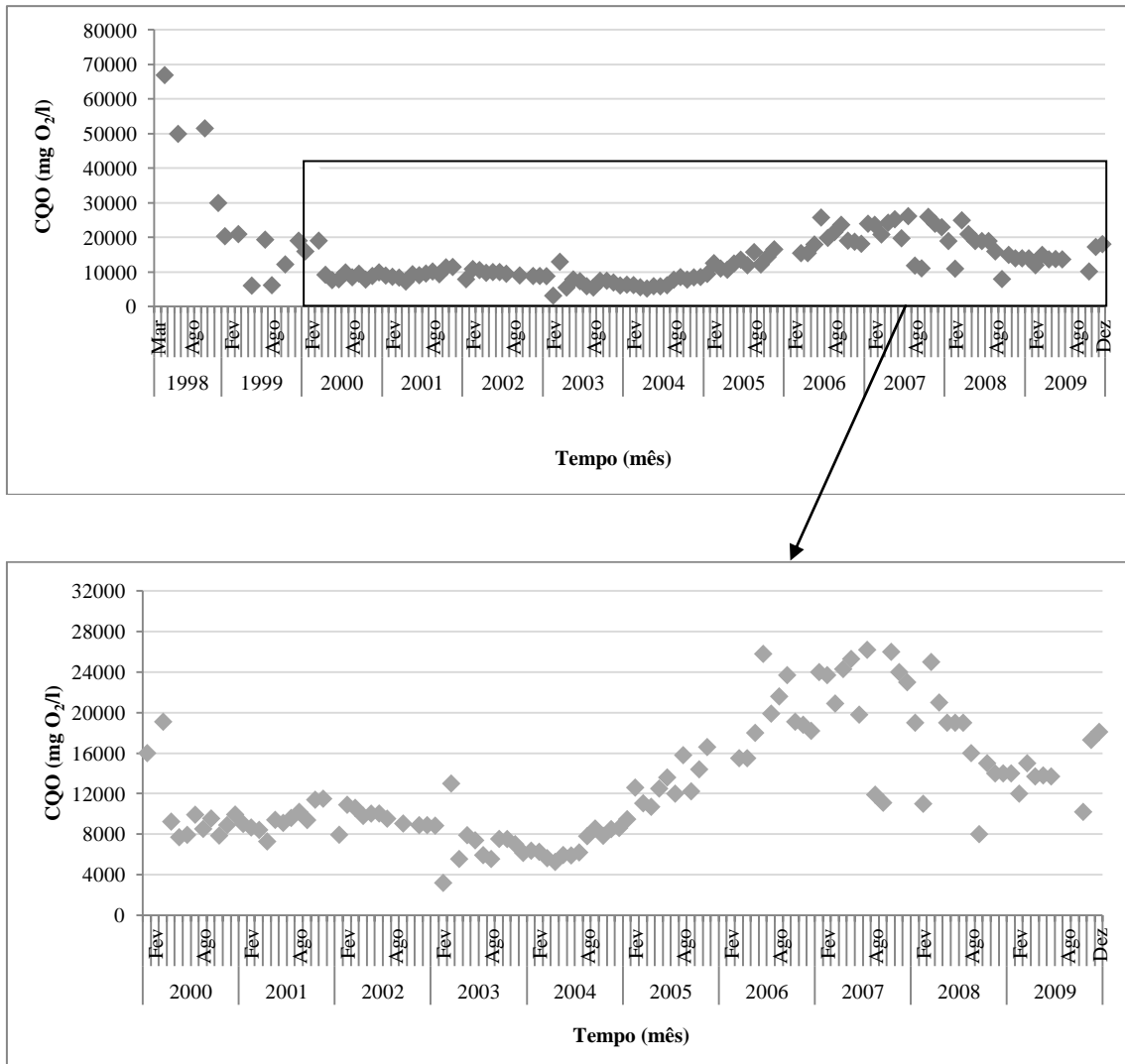


Figura 24. Concentração de CQO nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.

A concentração CQO nos lixiviados do ASBA é mais alta no primeiro ano de exploração, variando entre 67000 a 30000 mg/l, começando a descer até ao final do ano de 2004 (≈ 8600 mg/l). Em 2005 a concentração começa novamente a ascender, atingido, em 2007, valores próximos de 26000 mg/l. A partir daí a concentração começa a decrescer, verificando-se, nos dois últimos meses de 2009, que existe uma tendência para a concentração começar a aumentar (Quadro 20 do anexo III).

Comparando com a concentração de CQO nos lixiviados de alguns aterros novos, apresentados por Renou (2008), pode observar-se que no ASBA, em média, o CQO nos lixiviados é semelhante à concentração nos lixiviados dos aterros da Itália e da Turquia. O ASBA no quinto ano de exploração tem concentrações de CQO próximas do aterro do Canadá. Nos restantes anos as concentrações de ambos os aterros em estudo são superiores aos aterros de referência.

5.3.3. Biodegradabilidade

A biodegradabilidade dos lixiviados altera-se com o tempo. O valor da razão CBO_5/CQO mostra a biodegradabilidade dos lixiviados. Em lixiviados jovens os valores típicos para a razão CBO_5/CQO são de 0,5 ou superiores; valores entre 0,4 e 0,6 indicam que a matéria orgânica nos lixiviados é relativamente biodegradável (Martinho e Gonçalves, 2000).

Nas Figuras 26 e 27 está representada a evolução da biodegradabilidade (CBO_5/CQO) nos lixiviados dos aterros do Barlavento e Sotavento Algarvio.

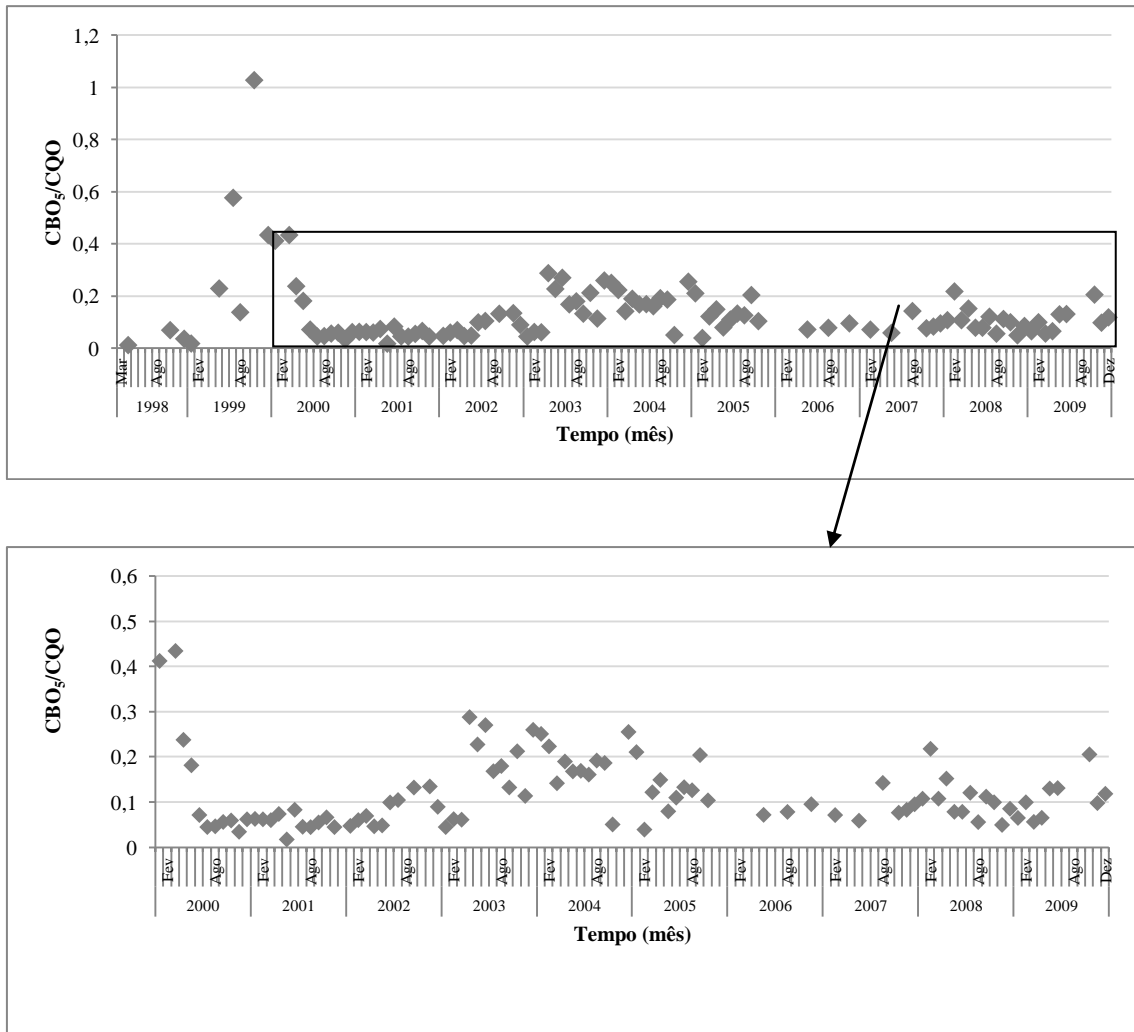


Figura 26. Razão CBO_5/CQO nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.

A biodegradabilidade nos lixiviados do ASBA, no primeiro ano de exploração, é baixa (entre 0,01 e 0,07) pois os valores de CQO são muito mais elevado que os valores de CBO_5 . No ano seguinte a biodegradabilidade apresenta valores muito mais elevados, entre 0,2 e 1, aproximadamente, sendo em 1999 que a CQO tem valores mais baixos, pois a maior parte do material nos lixiviados é orgânico biodegradável. No período de 2000 a 2009 a biodegradabilidade varia entre 0,02 e 0,44, aproximadamente (Quadro 22 do anexo III).

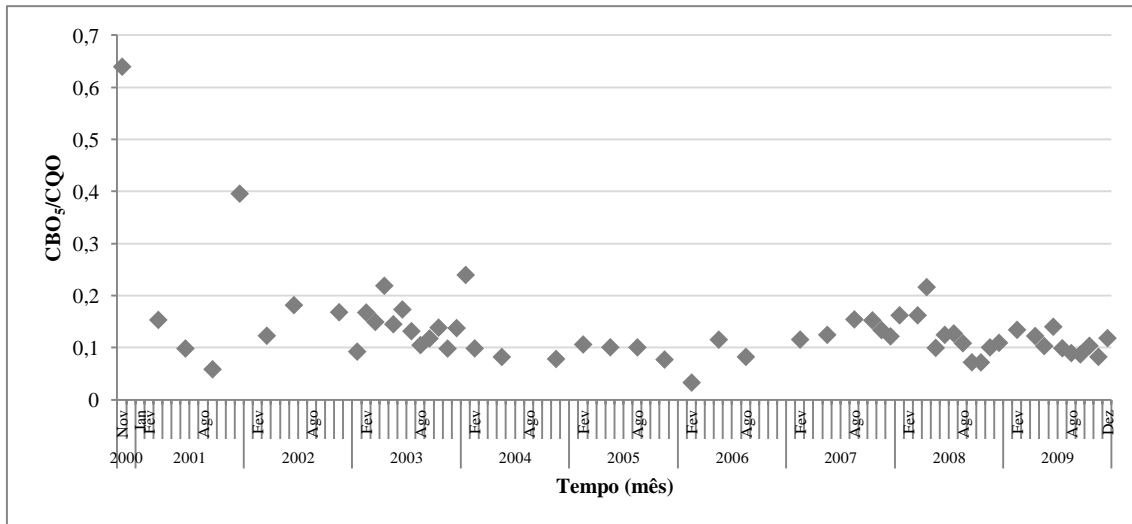


Figura 27. Razão CBO₅/CQO nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.

A biodegradabilidade dos lixiviados do ASSA não tem grandes variações ao longo dos anos de exploração do aterro. Em 2000 (início da exploração) é quando a razão CBO/CQO é mais alta, com um valor máximo de 0,64. Depois decresce em 2001, para valores entre 0,15 a 0,06, aproximadamente. Entre o ano 2002 e 2009 a razão varia entre 0,03 e 0,24 (Quadro 23 do anexo III).

A biodegradabilidade nos lixiviados do ASBA é mais alta no que do ASSA nos dois primeiros anos de exploração. A partir de 2001, no aterro do Barlavento, e de 2002 no do Sotavento, a razão não ultrapassa os 0,3.

Verifica-se, através dos valores típicos de biodegradabilidade nos lixiviados apresentados por Tchobanoglous *et al.* (1993) que os aterros em estudo, a partir dos dois primeiros anos de exploração, têm valores da razão CBO/CQO típicos de um aterro velho. Segundo Ehrig (1983), a razão CBO₅/CQO é alta, entre 0,4 e 0,8, valores típicos da fase ácida nos AS. Pelos valores da biodegradabilidade nos lixiviados em ambos os AS, a fase ácida corresponde somente a um ano do período em estudo, 1999 e 2000 para o ASBA e ASSA, respectivamente.

Verifica-se que a razão CBO₅/CQO nos lixiviados dos dois aterros tem valores idênticos aos dos aterros apresentados por Renou (2008).

5.3.4. Sólidos suspensos totais

Todos os contaminantes presentes nos lixiviados, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a concentração de sólidos. A presença de sólidos suspensos nas águas leva a um aumento de turbidez (PROSAB, 2009).

Nas Figuras 28 e 29 pode-se analisar a concentração dos sólidos suspensos totais (SST) nos lixiviados do ASBA e do ASSA, respectivamente. No ASBA não existem dados disponíveis no ano 2006, no ASSA não existem dados disponíveis para os anos 2005 e 2006 e no ano 2004 só existe um valor para este parâmetro.

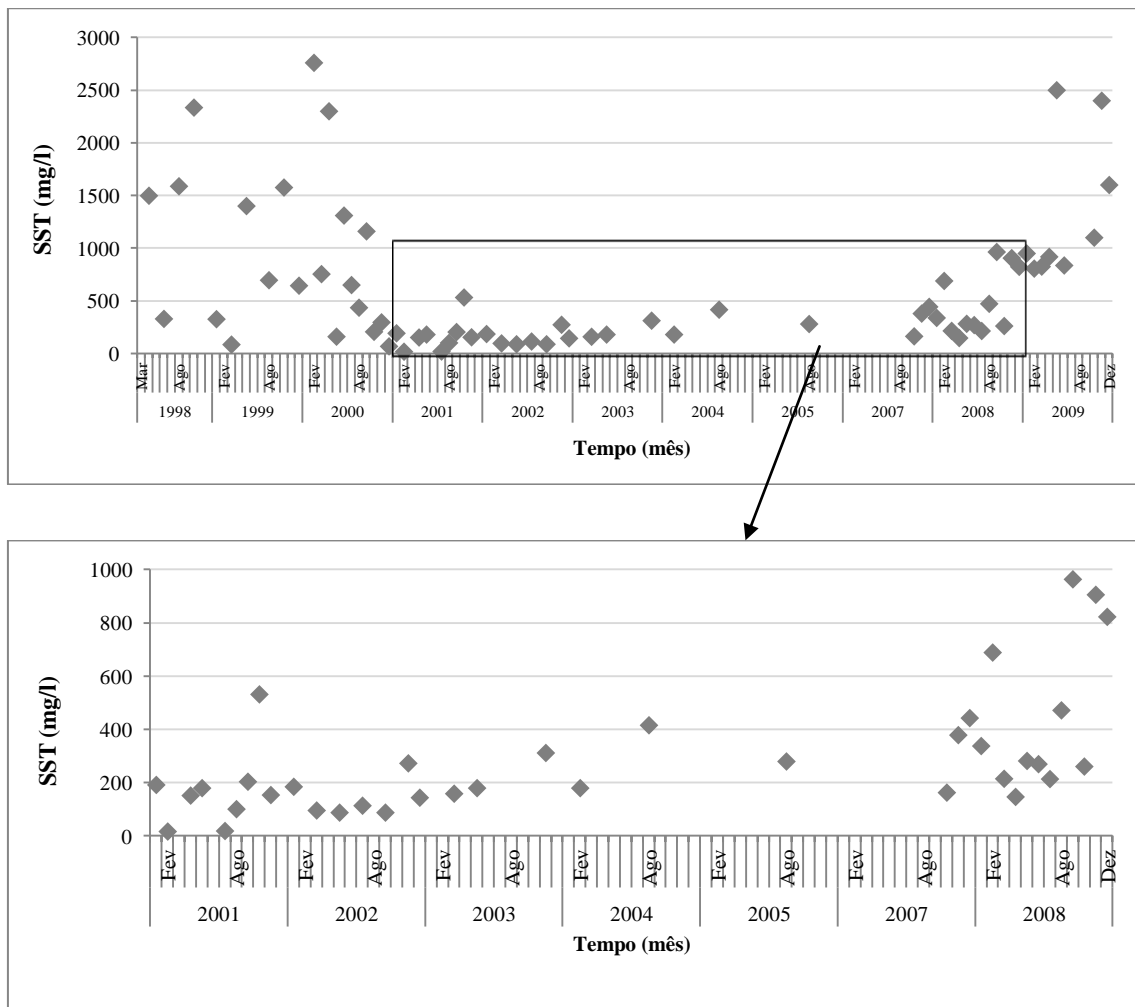


Figura 28. Concentração de SST nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.

Verifica-se na Figura 28 que, entre 1998 e 2000, existe uma grande variação da concentração SST (68 a 3000 mg/l). Assume-se que esta variação pode ser devido, nos primeiros anos de exploração, à rápida passagem da água pelos espaços vazios, arrastando o material particulado. De 2001 até 2007, a concentração não tem grandes

variações, como se verifica nos anos anteriores, não ultrapassando os 500 mg/l (Quadro 24 do anexo III). A concentração tem uma tendência crescente a partir de 2001, sendo mais acentuada em 2009.

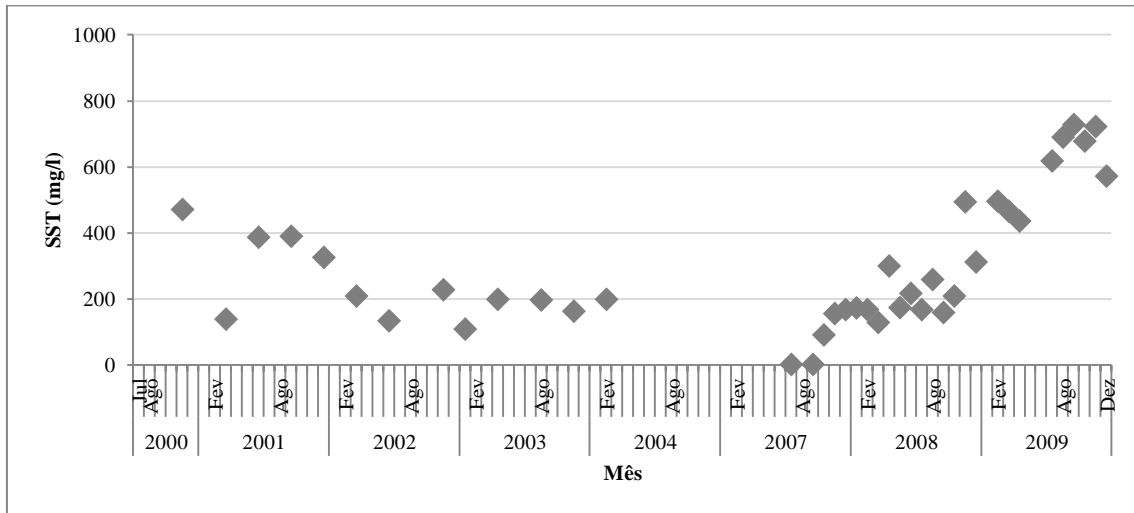


Figura 29. Concentração de SST nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.

No ASSA os SST diminuem a sua concentração desde o início da exploração (2000) até Setembro de 2007, apresentando um valor máximo de 471 mg/l em 2000 e mínimo de 1,8 mg/l em 2007. Em Outubro de 2007 a concentração começa a aumentar, crescendo até ao final de 2009. Em 2009 a concentração de SST nos lixiviados ASSA atinge um valor máximo, próximo de 700 mg/l (Quadro 25 do anexo III).

Ao comparar os dois aterros em estudo verifica-se que as concentrações de SST são semelhantes, excepto nos 3 primeiros anos do ASBA, em que a concentração atinge 2760 mg/l, o que não se verifica no ASSA.

Segundo Kulikowska e Klimiuk (2007), a concentração dos SST nos lixiviados tem o efeito de sazonalidade e não se verifica uma tendência em função da idade dos aterros.

Através das concentrações de SST nos lixiviados dos dois aterros sanitários em estudo pode-se verificar que são concentrações típicas, nos dois primeiros anos de exploração, de aterros jovens, segundo Tchobanoglous *et al.* (1993) e verifica-se que os valores de 2009 nos dois aterros estão muito acima dos indicados pelo mesmo autor para um aterro velho.

As concentrações de SST nos lixiviados do ASBA novo apresentam valores próximos aos das concentrações para aterros novos apresentadas por Renou (2008).

5.3.5. Azoto total

A concentração do azoto total (N_{Total}) nos lixiviados não é particularmente dependente da fase de degradação em que o resíduo sólido está submetido. Em ambas as fases, acidogénica e metanogénica, a maioria do lixiviados de AS contém elevadas concentrações de azoto (Akerman, 2005). Em geral as concentrações de nitratos e nitritos são baixas nos lixiviados, devido à desnitrificação que ocorre na fase acidogénica e às condições anaeróbicas do aterro, que não permitem a oxidação do nitrogénio amoniacal (Clément, 1995).

A evolução do azoto total nos lixiviados dos aterros sanitários encontra-se representada na Figura 30 e 31 nos aterros do Barlavento e Sotavento, respectivamente.

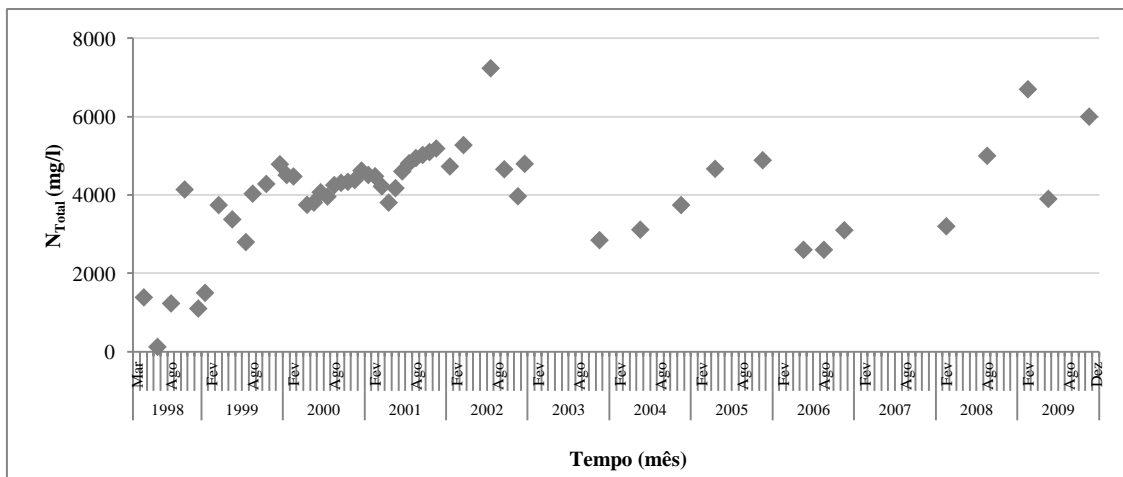


Figura 30. Concentração de azoto total nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.

Verifica-se que no ASBA (Figura 30; Quadro 26 do anexo III), em 1998, a concentração de azoto total não ultrapassa os 2000 mg/l, excepto em Outubro, onde a concentração atinge o valor próximo de 4000 mg/l, aumentando em 1999. No período de 1999 até 2009, inclusive, a concentração deste parâmetro varia entre 1500 e 7236 mg/l. A concentração deste parâmetro é mais elevada a partir de 1999, porque é quando a matéria orgânica no AS começa a ser em maior quantidade.

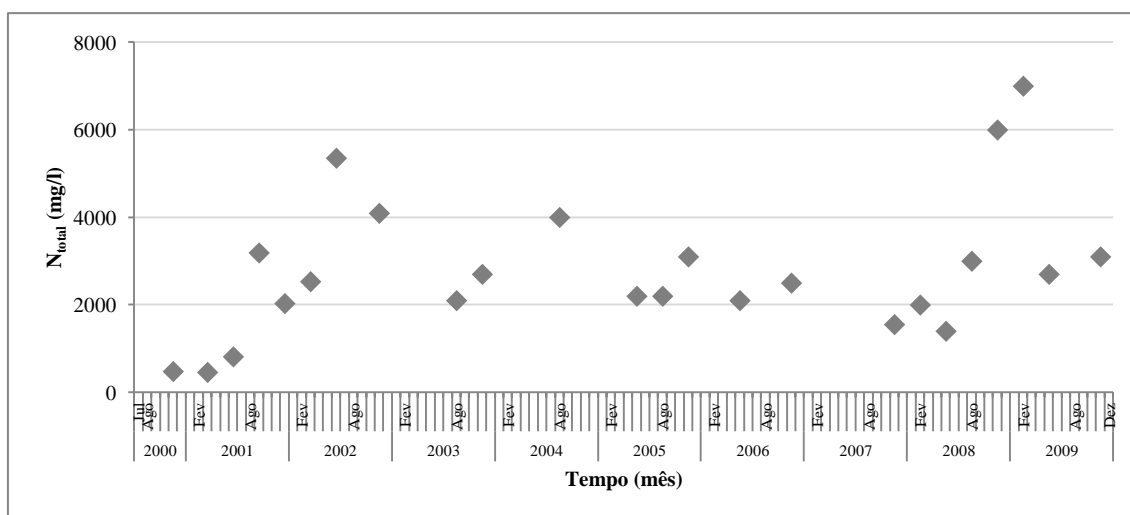


Figura 31. Concentração de azoto total nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.

A concentração de azoto total nos lixiviados do aterro do Sotavento, de Novembro de 2000 a Junho de 2001, não é superior a 1000 mg/l, aumentando a partir desse período (Figura 31). De 2002 a 2009 a concentração varia entre 1400 e 7000 mg/l (Quadro 27 do anexo III). As concentrações deste composto nos lixiviados dos dois AS são idênticas.

Comparando os valores das concentrações deste composto nos lixiviados dos dois aterros com os valores tabelados no Quadro 2, valores típicos, verifica-se que os aterros podem estar na fase ácida ou na fase metanogénica, já que a concentração deste parâmetro de uma fase para a outra não varia. O ASSA, em 2000 e início de 2001, tem concentrações nos lixiviados típicas de um aterro jovem, enquanto que as dos lixiviados do ASBA são superiores, comparando com as concentrações típicas de um aterro jovem.

5.3.6. Amónia

A amónia está sempre presente nos produtos resultantes dos processos aeróbio e anaeróbio que ocorrem nos aterros durante a estabilização da fracção orgânica dos resíduos (Tchobanoglous *et al.*, 1993). Apesar da remoção da carga orgânica dos lixiviados ao longo do tempo, a amónia (oriunda do material proteico dos RSU) tende a ser resistente ao processo de decomposição devido a ser estável em condições anaeróbicas, dado que o processo de nitrificação intermediado por microrganismos acontece em condições aeróbias (Castilhos *et al.*, 2006). Os lixiviados gerados na fase

final de estabilização do aterro são geralmente ricos em azoto amoniacal devido à hidrólise e fermentação das fracções azotadas dos substratos biodegradáveis (Onay e Pohland, 1998).

Na Figura 32 e 33 está representada a concentração de amónia nos lixiviados dos aterros sanitários do Barlavento e Sotavento, respectivamente.

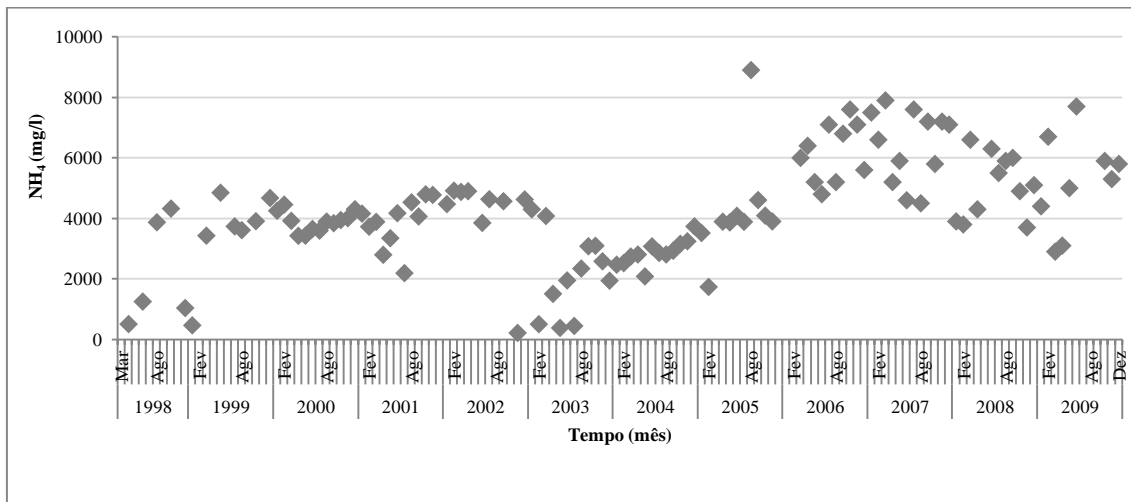


Figura 32. Concentração de amónia nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.

Verifica-se no ASBA que no primeiro ano existem concentrações baixas, entre os 500 e 1250 mg/l de amónia nos lixiviados, excepto em Agosto e Outubro, em que a concentração de amónia é próxima de 4000 mg/l. No período de 1999 até 2002, inclusive, a concentração de amónia aumenta, encontrando-se entre 3500 e 5000 mg/l. No início de 2003 a concentração desce, observando-se que no mês de Fevereiro atinge 503 mg/l de amónia, mas depois começa a subir novamente, atingindo o seu máximo em 2006 e 2007, com valores entre os 4500 e 7900 mg/L (Quadro 28 do anexo III). Em 2008 a tendência da concentração é decrescente até 2009. Nos anos 2008 e 2009 a concentração de amónia nos lixiviados do aterro varia entre 3100 a 7700 mg/l.

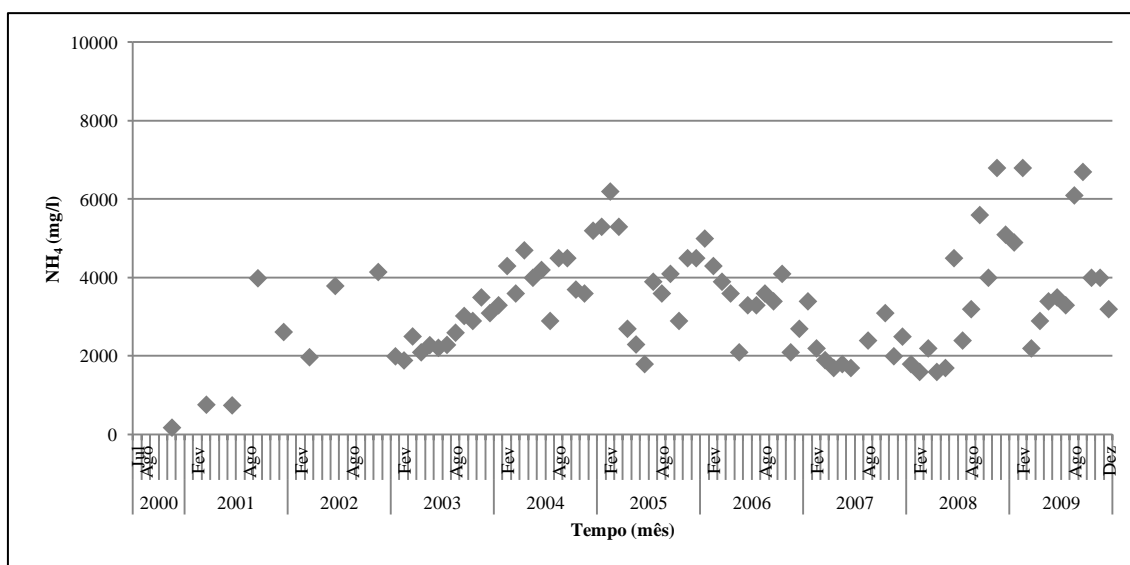


Figura 33. Concentração de amónia nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.

Pode verificar-se, através da Figura 33 e do Quadro 29 do anexo III, que a concentração de amónia nos lixiviados é menor no primeiro ano de exploração (179 mg/l). A partir deste ano a concentração começa a aumentar. No final de 2005 a concentração deste composto diminui. No período de 2003 a 2005 a concentração de amónia nos lixiviados varia entre 1800 e 6200 mg/l, aproximadamente. Depois os valores começam a diminuir até Maio de 2008 (1700 mg/l). No ano de 2009 este composto varia entre 2200 e 6800 mg/l. A maior concentração de amónia verifica-se a partir dos 9 anos após o início da exploração de cada aterro. A variação da amónia nos lixiviados dos dois em aterros em estudo é muito idêntica.

Comparando os dados dos lixiviados dos aterros Barlavento e Sotavento, com os casos de estudo enumerados anteriormente, verifica-se que estes têm o mesmo comportamento que os casos do estudo 2 e 5 do subcapítulo 2.4: as concentrações são maiores no último ano comparativamente à concentração no primeiro ano de exploração.

EPA (1995) salienta que na fase ácida e na fase metanogénica dos aterros, a concentração de amónia nos lixiviados encontra-se no intervalo de 30 a 3000 mg/l. Assim pode-se verificar que os dois aterros estudados têm as concentrações dentro deste intervalo, havendo períodos em que as concentrações são superiores, o que pode dever-se aos aterros em estudo receberem mais matéria orgânica depositada do que é típico.

5.3.7. Fósforo total

O fósforo é um nutriente consumido em função ao crescimento dos microrganismos associados à produção de ácidos (Pohland e Harper, 1986). Este nutriente é encontrado na maioria dos aterros sanitários, contudo, nos casos em que há limitação de nutrientes para a degradação biológica, o fósforo é o elemento limitante mais comum (Watith e Sharma, 1998).

Na Figura 34 encontra-se o gráfico referente ao fósforo total nos lixiviados do ASBA.

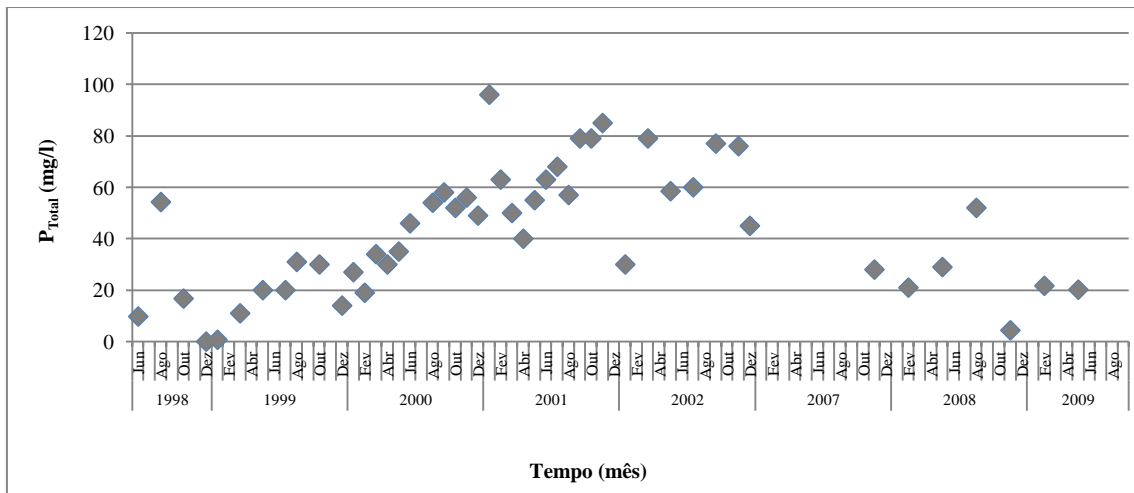


Figura 34. Concentração de fósforo total nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.

No primeiro ano de exploração a concentração de fósforo nos lixiviados varia entre 10 e 54 mg/l, aproximadamente, aumentando até ao ano 2002, inclusive (Quadro 30). Entre 1999 e 2002 a concentração encontra-se no intervalo de 0,72 a 96 mg/l, concentrações características de um aterro jovem, segundo Tchobanoglous *et al.* (1993). O mesmo autor indica concentrações entre 0,1 a 30 mg/l para um aterro na fase ácida ou metanogénica. No período de 2007 a 2009 a concentração de fósforo total nos lixiviados do ASBA varia entre os 4,4 e 52 mg/l.

5.3.8. pH

O pH é um parâmetro que retrata o processo de decomposição da matéria orgânica. Em processos de biodegradação anaeróbica, o desenvolvimento de microrganismos está directamente relacionado com o pH. Os ácidos orgânicos voláteis são indicadores do

nível de decomposição e dos processos anaeróbicos, pois são formados na fase acidogénica e consumidos na fase metanogénica (Tchobanoglous *et al.*, 1993).

A evolução do pH dos lixiviados nos dois aterros Algarvios, Barlavento e Sotavento, está representada na Figura 35 e 36, respectivamente.

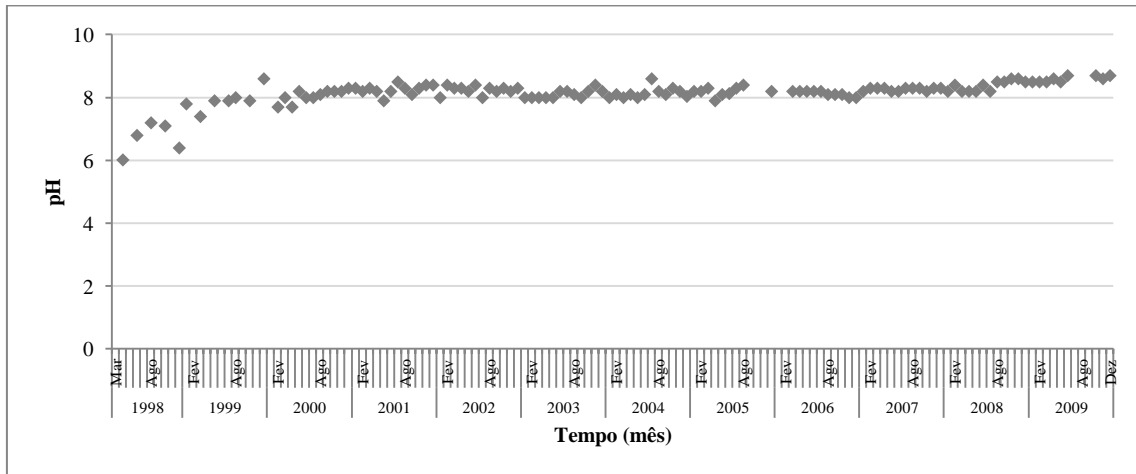


Figura 35. pH nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.

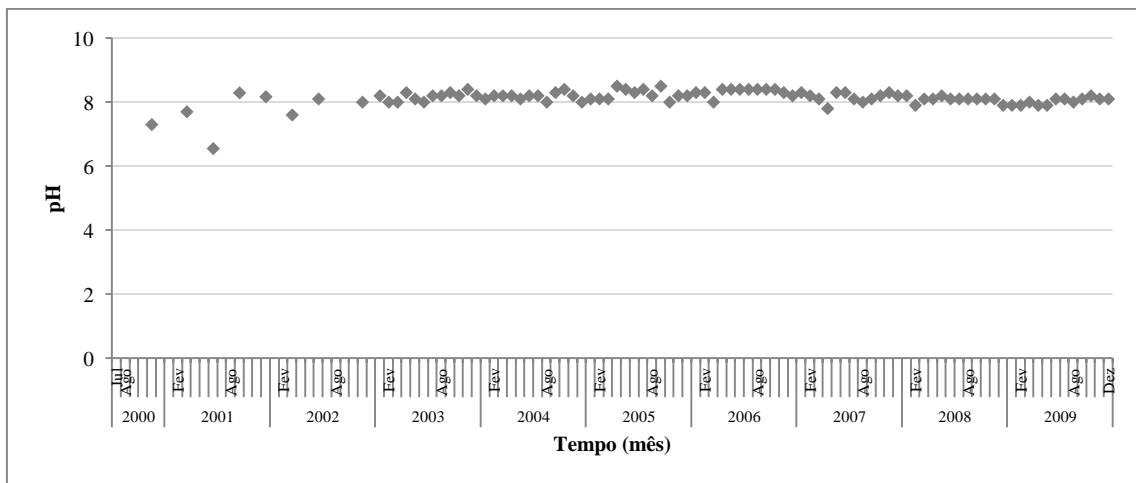


Figura 36. pH nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.

Pode-se verificar através das Figuras 35 e 36 e dos Quadros 31 e 32 do anexo III que o pH, nos lixiviados, no primeiro ano de exploração, é mais baixo em ambos os aterros sanitários. No primeiro ano de exploração os valores de pH nos lixiviados do aterro do Barlavento estão entre 6 e 7,2 e no aterro do Sotavento é de 7,3. No ASBA, no período

de 1999 a 2008, os valores de pH estão entre 7,4 e 8,7e no ASSA variam entre 6,6 e 8,5 de 2001 a 2009.

Pelos valores típicos apresentados no Quadro 2, verifica-se que os aterros sanitários nos dois primeiros anos se encontravam na fase ácida e os valores são característicos de um aterro novo, enquanto nos restantes anos indicam valores de pH da fase metanogénica.

Os autores apresentados no Quadro 8 verificaram que o pH aumenta ao longo dos anos de exploração dos aterros, o que se pode verificar nos aterros em estudo, comparando os primeiros dois anos de exploração com os restantes.

5.3.9. Condutividade

A condutividade mostra a concentração de iões dissolvidos nos lixiviados e é medida pela capacidade da solução para transmitir corrente eléctrica (Jun *et al.*, 2007).

Nas Figuras 37 e 38 está representada a condutividade nos lixiviados dos aterros sanitários do Barlavento e Sotavento Algarvio, respectivamente.

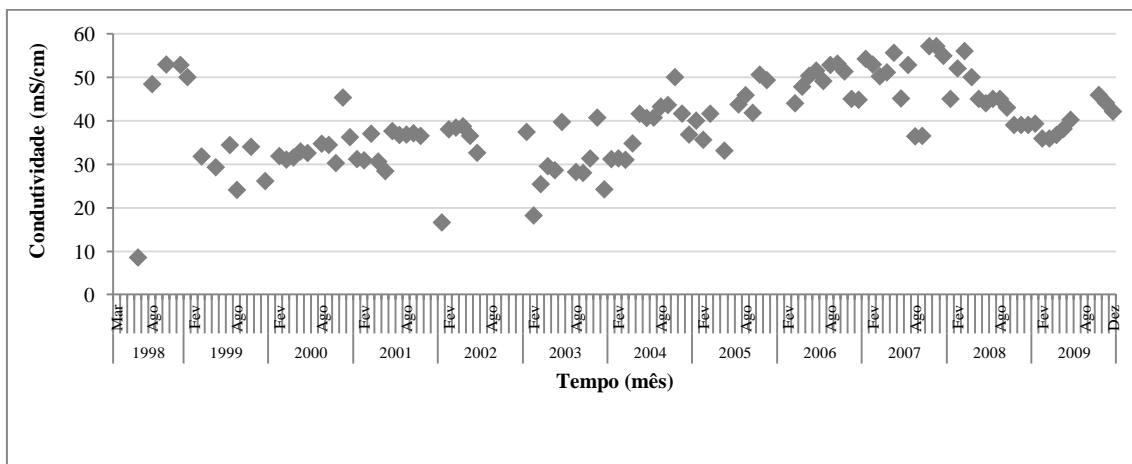


Figura 37. Condutividade nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.

A condutividade nos lixiviados do ASBA no primeiro ano de exploração (1998) encontra-se entre 48 e 53 mS/cm, aproximadamente, excepto em Junho, com o valor de 8,54 mS/cm (Quadro 33 do anexo III). No ano seguinte os valores descem, descida que pode dever-se ao facto de o pH começar a subir, factor que provoca uma redução nos constituintes inorgânicos na solução (Tchobanoglous *et al.*, 1993). Depois, a

condutividade tem uma tendência decrescente até ao início de 2008, descendo em 2009. Entre 1999 e 2009 a condutividade no aterro varia entre 16,6 e 57,1 mS/cm. Estas oscilações nos valores da condutividade indicam que o teor em sais nos lixiviados varia.

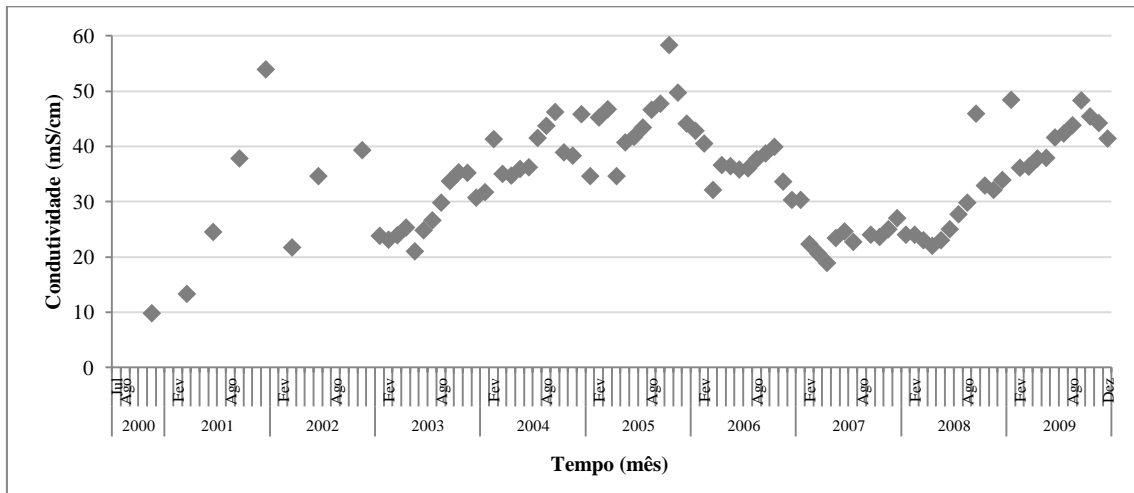


Figura 38. Condutividade nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.

No aterro do Sotavento, nos primeiros dois anos, a condutividade dos lixiviados aumenta de 9,8 mS/cm (Novembro de 2000) para 53,9 mS/cm (Dezembro de 2001). No início de 2003 a concentração de sais dissolvidos desce e depois começa a aumentar até ao final do ano de 2005, período em que a concentração varia entre 21 e 58 mS/cm, aproximadamente (Quadro 34 do anexo III). Em 2006 a concentração volta a diminuir até Abril de 2008, inclusive, variando entre 42,8 a 18,9 mS/cm. A partir deste período a condutividade volta a subir.

A condutividade dos lixiviados em ambos os aterros, do Barlavento e Sotavento, no período em estudo, atinge valores muito semelhantes, como se pode observar através das Figuras 37 e 38.

A condutividade dos aterros sanitários de RSU encontra-se acima de 1000 uS/cm (Rodrigues, 2007), o que se verifica nos dois aterros em estudo. A condutividade dos dois aterros é superior a 10000 uS/cm.

No aterro estudado por Ziyang *et al.* (2009) a condutividade dos lixiviados diminui ao longo do tempo: o aterro com dois, seis e nove anos de idade apresenta 41,5, 15 e 12,3

mS/cm, respectivamente. Nos aterros em estudo, ASBA e ASSA, não se verifica esta diminuição ao longo dos anos.

5.3.10. Cálcio

Nas Figuras 39 e 40 encontra-se representada a evolução do composto cálcio nos lixiviados de cada aterro. A Figura 39 representa a evolução do cálcio do aterro do Barlavento e a Figura 40 do aterro do Sotavento. Este composto só foi medido nos lixiviados alguns anos após o início da exploração no aterro do Barlavento.

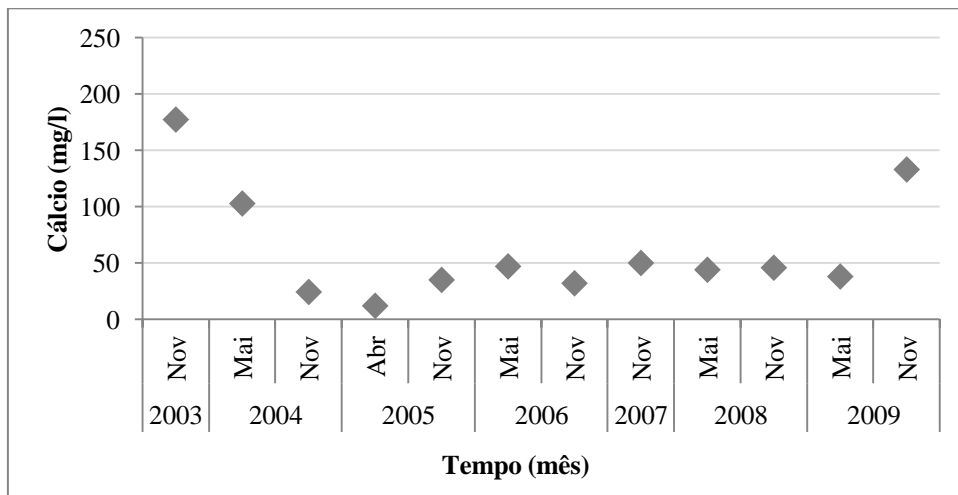


Figura 39. Concentração de cálcio nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.

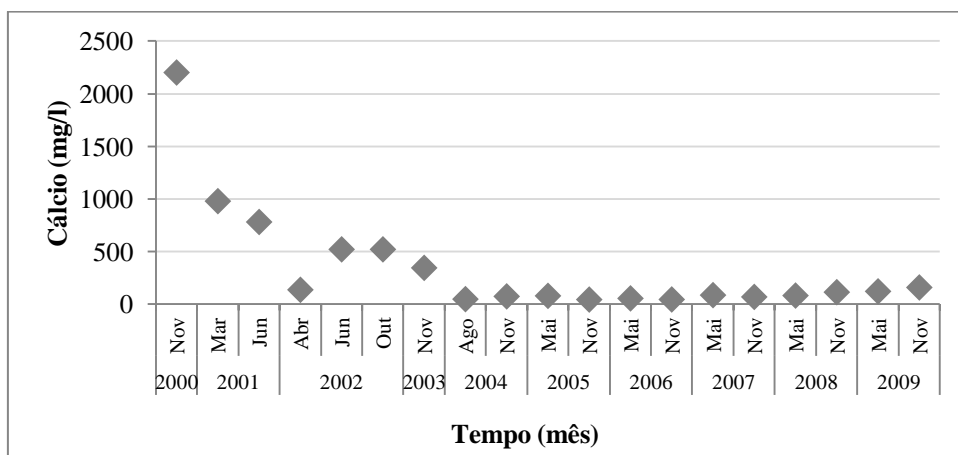


Figura 40. Concentração de cálcio nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.

Pode-se verificar, nas Figuras 39 e 40, que a concentração de cálcio nos lixiviados diminui nos dois primeiros anos representados, sofrendo depois pequenas variações, excepto no mês Novembro do ano 2009 no ASBA, onde aumenta. No primeiro mês representado em cada gráfico é quando se verifica a maior concentração, 177 mg/l nos lixiviados do ASBA e 2200 mg/l nos lixiviados do ASSA (Quadro 35 e 36 do anexo III). O teor de cálcio diminui com a idade do aterro, devido ao aumento do pH, aumentado assim a adsorção e precipitação, de acordo com Ziyang *et al.* (2009).

Verifica-se a partir das Figuras 39 e 40 que existem no ASSA concentrações muito superiores às apresentadas para o ASBA, mas isto deve-se a no ASBA não estarem representados os primeiros anos de exploração onde se verifica maior concentração no ASSA.

Segundo as concentrações típicas do cálcio nos lixiviados, as concentrações representadas na Figura 39 para os lixiviados do ASBA são típicas de um aterro velho. As concentrações de cálcio nos lixiviados do ASSA, em 2000 e 2001, são semelhantes às dos aterros jovens. Em relação às fases de estabilização, os dois aterros encontram-se na fase metanogénica, excepto nos anos 2000 e 2001 para o ASSA, que apresentam concentrações típicas da fase ácida.

5.3.11. Magnésio

Nas Figuras 41 e 42 está representada a evolução da concentração do magnésio nos lixiviados dos aterros do Barlavento e Sotavento Algarvio, respectivamente. Este composto só foi medido alguns anos após o início da exploração do ASBA.

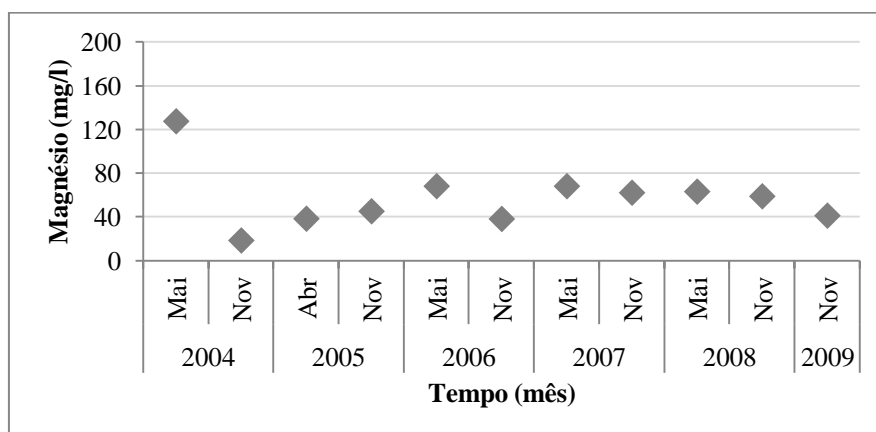


Figura 41. Concentração de magnésio nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.

Pode-se verificar que em Maio de 2004 a concentração nos lixiviados do ASBA é de 127 mg/l, oscilando os restantes valores entre 18 e 70 mg/l, aproximadamente (Quadro 37 do anexo III). A concentração de magnésio nos lixiviados do Barlavento não sofre grandes variações desde Novembro de 2004 a 2009, período no qual também não se verificam grandes alterações no pH.

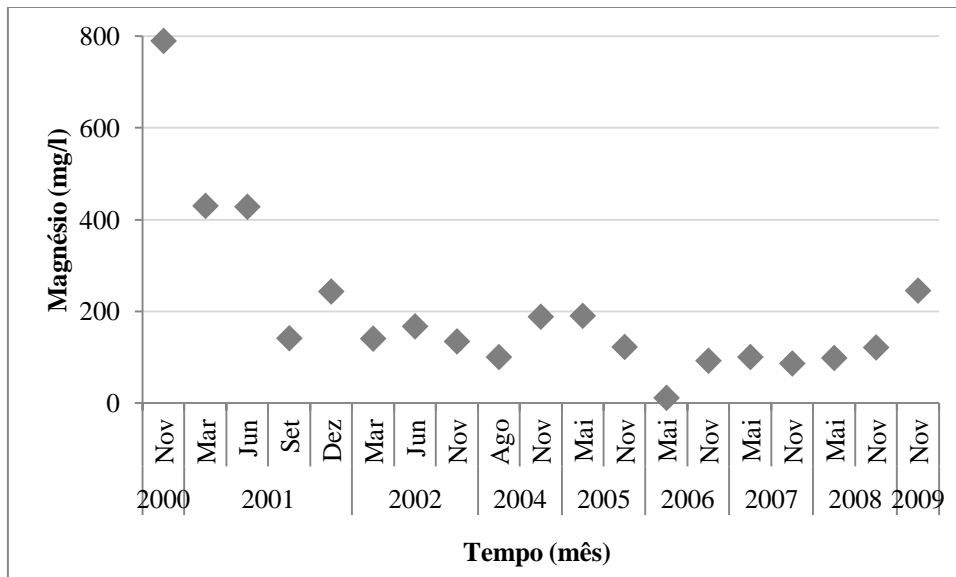


Figura 42. Concentração de Magnésio nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.

A concentração de magnésio nos lixiviados do ASSA em Novembro de 2000 (primeiro ano de exploração) é superior à dos restantes anos, descendo, no ano seguinte, para valores próximos de 400 mg/l (Março e Junho de 2001). Entre Setembro de 2001 e Novembro de 2009 os valores das concentrações estão no intervalo 11 a 245 mg/l (Quadro 38 do anexo III).

Comparando as concentrações nos lixiviados dos dois aterros em estudo a partir de 2004, pode observar-se que existem valores no ASSA um pouco mais altos.

Comparando os valores da concentração do magnésio nos lixiviados com os valores típicos representados no Quadro 2, o ASBA tem valores típicos de um aterro na fase metanogénica, enquanto que o ASSA tem valores de magnésio, no ano 2000 e Março e Junho de 2001, de um aterro na fase ácida e típicos de um aterro jovem. A partir desta data os valores das concentrações são típicos de um aterro na fase metanogénica.

5.3.12. Potássio

A evolução da concentração de potássio nos lixiviados dos aterros sanitários do Barlavento e Sotavento Algarvio encontra-se representada nas Figuras 43 e 44, respectivamente. Nos dois aterros a concentração que se encontra representada nos gráficos é de alguns anos após o início da exploração de cada aterro.

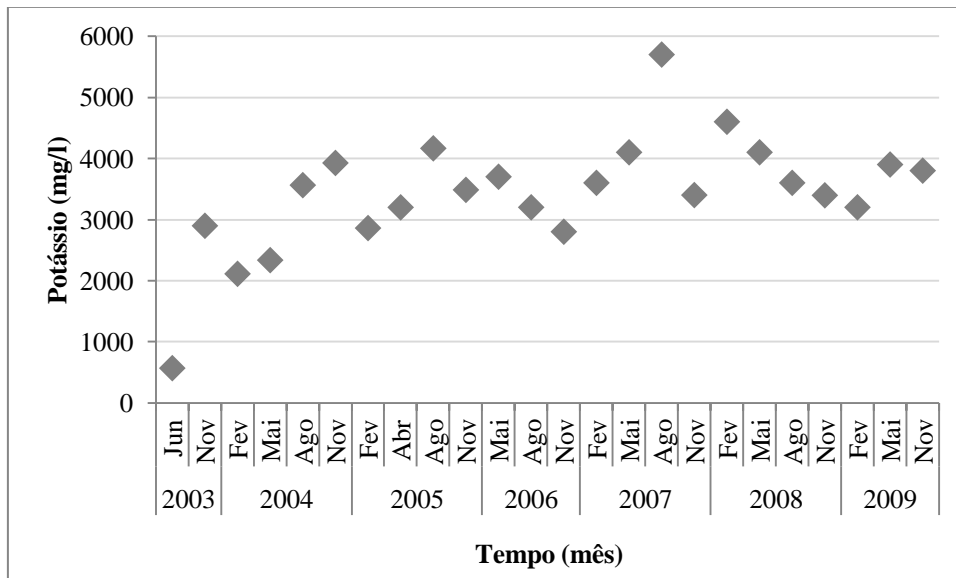


Figura 43. Concentração de potássio nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.

Observa-se através da Figura 43 que a concentração deste composto tem uma tendência crescente ao longo dos anos. Entre 2003 e 2006 os valores variam entre os 500mg/l e 4200 mg/l e, nos restantes anos, a concentração varia entre os 3200 mg/l e 5700 mg/l, aproximadamente (Quadro 39 do anexo III).

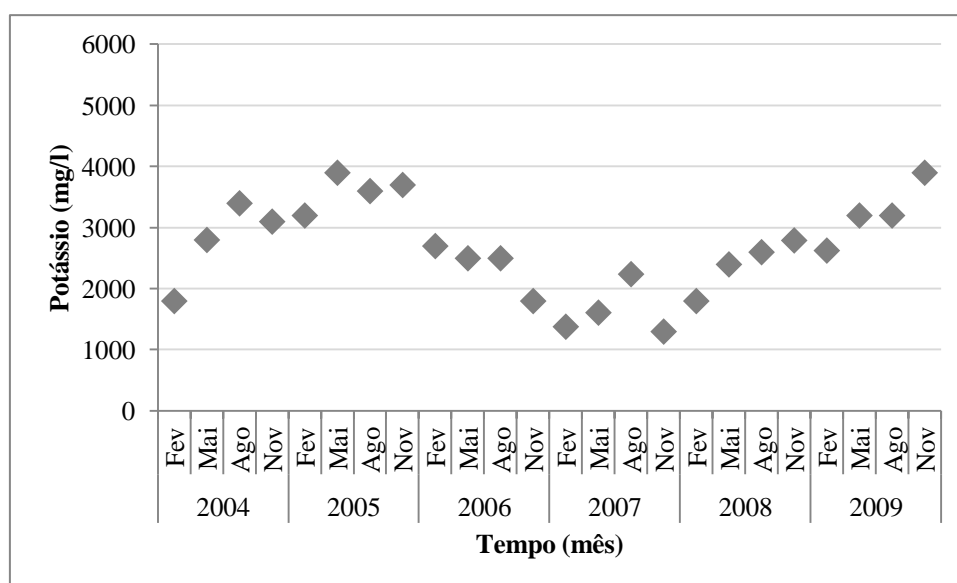


Figura 44. Concentração de potássio nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.

A concentração de potássio nos lixiviados do ASSA do ano 2004 para o ano 2005 cresce (1800 mg/l – 3900 mg/l), depois decresce até ao final do ano de 2007 (2700 mg/l – 1300 mg/l) e começa a crescer novamente em 2008. Nos anos 2008 e 2009 a concentração varia entre 1800 e 3900 mg/l (Quadro 40 do anexo III).

A concentração deste composto nos lixiviados de ambos os aterros em estudo tem uma variação idêntica.

Segundo EPA *et al.* (1995) as concentrações típicas de potássio nos lixiviados da fase ácida para a fase metanogénica não variam e encontram-se no intervalo 10 a 2500 mg/l. Verifica-se que nos dois aterros em estudo as concentrações deste parâmetro nos lixiviados são superiores a estes valores, nalguns anos. No ASBA isto verifica-se a partir de 2005, enquanto que no ASSA é superior nos anos 2005 e 2009.

5.3.13. Sódio

Nas Figuras 45 e 46 estão representadas as concentrações nos lixiviados de sódio ao longo da exploração do aterro sanitário do Barlavento e Sotavento Algarvio, respectivamente. Nos dois aterros sanitários, a concentração deste composto só foi medida alguns anos após o início da exploração dos aterros.

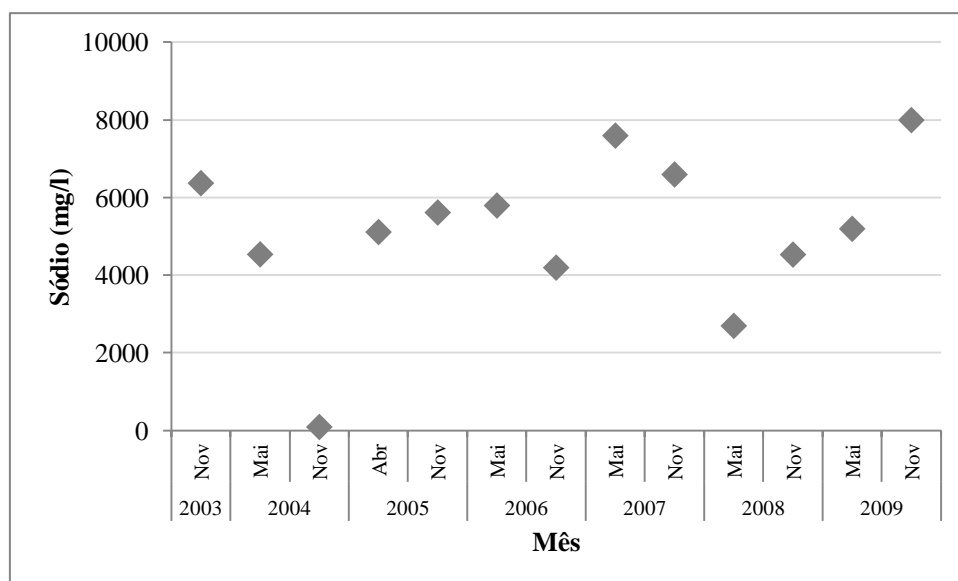


Figura 45. Concentração de sódio nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.

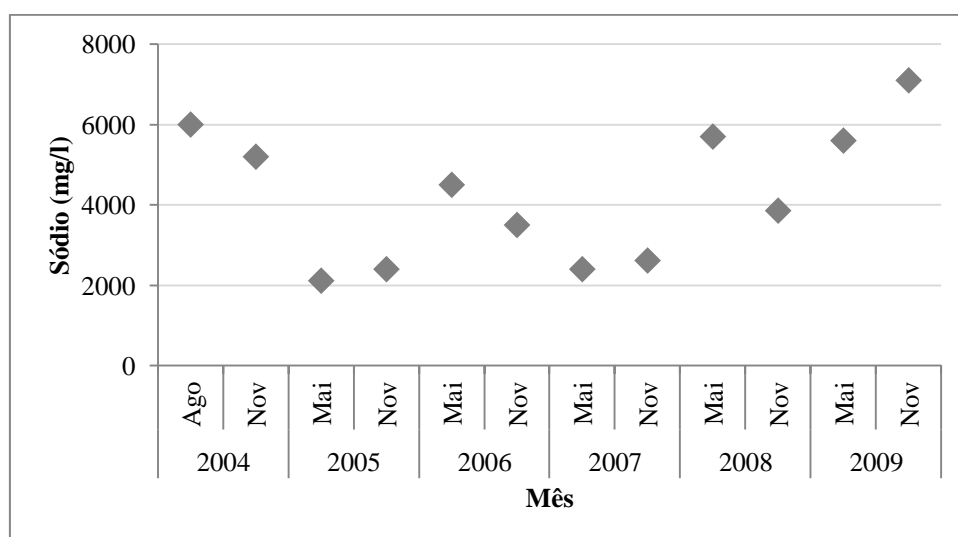


Figura 46. Concentração de sódio nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.

A concentração de sódio nos lixiviados do ASBA varia entre 2700 a 8000 mg/l, excepto em Novembro de 2004, em que o valor é de 95 mg/l, aproximadamente (Quadro 41 do anexo III). No ASSA a concentração de sódio nos lixiviados varia entre 2100 e 7100 mg/l (Quadro 42 do anexo III). Para um aterro na fase ácida ou metanogénica a concentração típica do sódio varia entre 10 e 4000 mg/l (EPA, 1995).

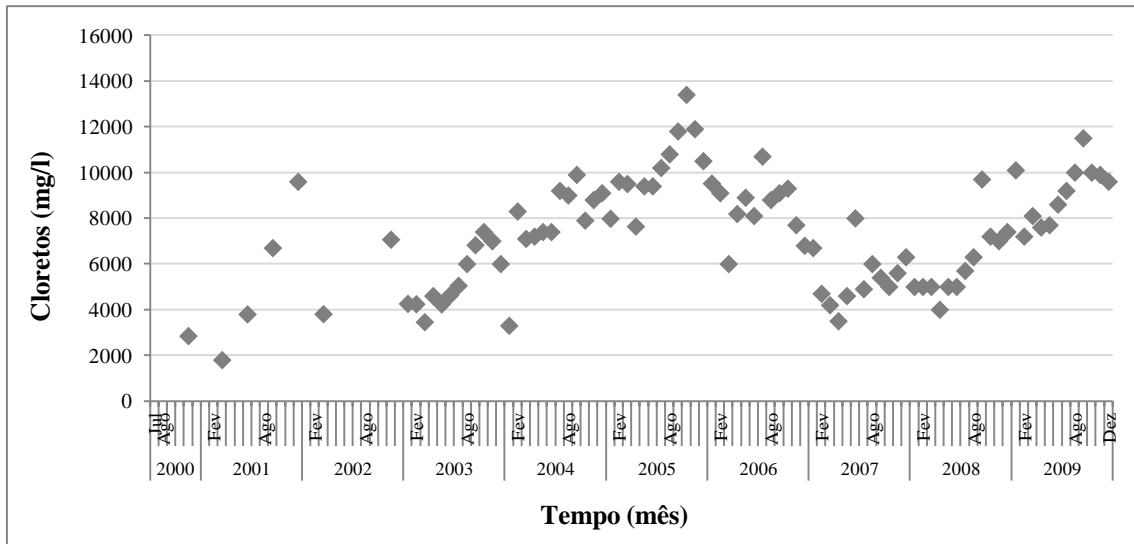


Figura 48. Concentração de cloretos nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.

Nos anos 2000, 2001 e 2002 os valores de concentração de cloretos são muito poucos e existe uma grande oscilação, mas, a partir de 2002, pode verificar-se que a concentração aumenta até ao final do ano de 2005. Depois do ano 2005, a concentração de cloretos desce até 2008, inclusive em 2008, onde começa a crescer novamente. Entre 2000 e 2002 os valores oscilam entre 1800 mg/l e 9600 mg/l, aproximadamente. De 2003 a 2005 os valores da concentração encontram-se no intervalo de 3300 a 13400 mg/l. Em 2006 e 2007 as concentrações estão entre 10700 a 3500 mg/l. Nos dois últimos anos estudados, 2008 e 2009, as concentrações encontram-se entre 4000 mg/l e 11500 mg/l (Quadro 44 do anexo III).

Pode-se observar pelas escalas das Figuras 47 e 48 que a concentração dos cloretos nos lixiviados do ASBA e do ASSA, ao longo do período em estudo, é semelhante.

Os dois aterros apresentam concentrações muito mais elevadas do que as concentrações típicas para um aterro na fase ácida, metanogénica e jovem, representadas por Tchobanoglous *et al.* (1993) e EPA (1995), pois as concentrações médias deste composto nos lixiviados de um aterro na fase ácida e metanogénica são de 2100 e 400 mg/l, respectivamente, e de um aterro novo é em média de 500 mg/l.

5.3.15. Sulfatos

Nas Figuras 49 e 50 encontra-se representada a evolução da concentração de sulfatos ao longo da vida dos aterros sanitários do Barlavento e Sotavento Algarvio, respectivamente.

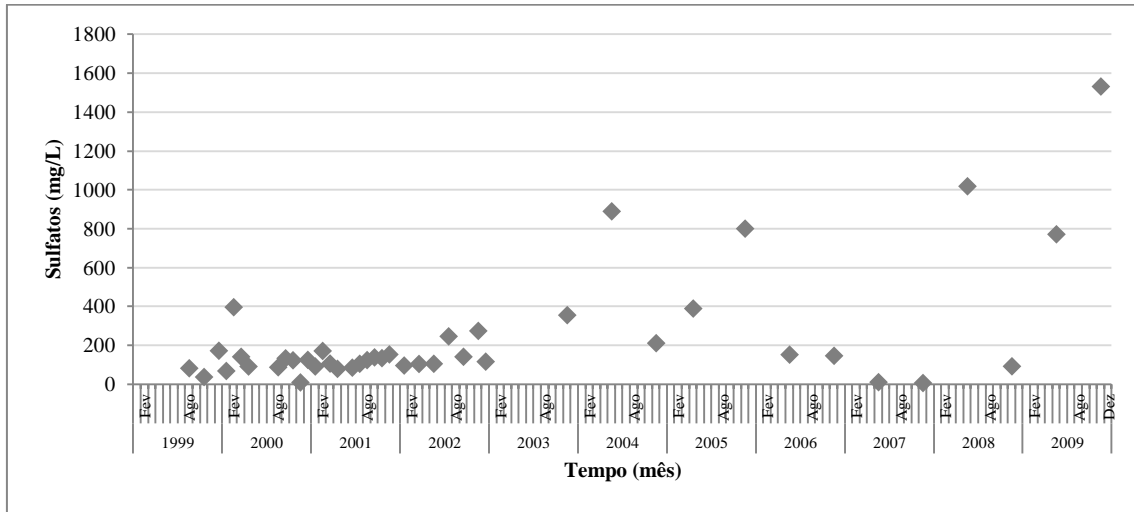


Figura 49. Concentração de sulfatos nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração.

No primeiro ano de exploração do ASBA, a concentração de sulfatos é mais alta, nos lixiviados, com valores de 4045 e 2099 mg/l. No período de 1999 a 2004, a concentração varia entre 5 e 888 mg/l. Nos dois últimos anos representados (2008 e 2009), a concentração varia entre 91 e 1530 mg/l (Quadro 45 do anexo III).

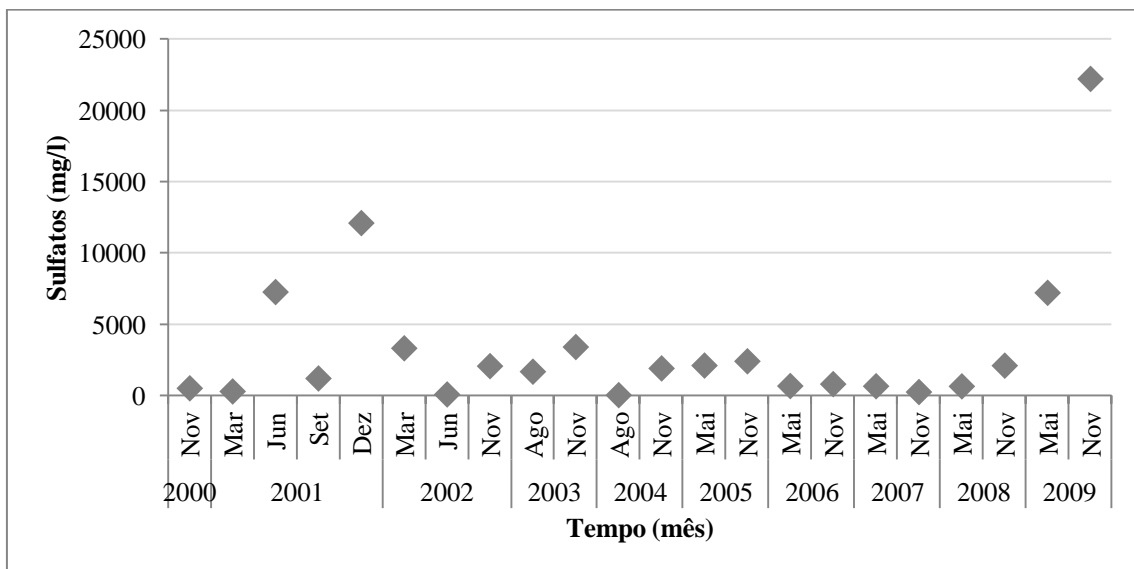


Figura 50. Concentração de sulfatos nos lixiviados do ASSA, ao longo da fase de exploração.

As concentrações mais altas nos lixiviados do ASSA verificam-se em Junho e Dezembro de 2001, com 7254 e 12090 mg/l e em Maio e Novembro de 2009, com 7200 e 22200 mg/l, respectivamente. As restantes concentrações encontram-se entre 26 e 3400 mg/l (Quadro 46 do anexo III).

Verifica-se que nos últimos dois anos em estudo, 2008 e 2009, as concentrações deste composto aumentam em ambos os aterros, sendo o aumento maior no ASSA. Segundo Tchobanoglous *et al.* (1993) e EPA (1995), as concentrações típicas deste composto nos lixiviados para um aterro na fase ácida variam entre 70 e 1750 mg/l por outro lado na fase metanogénica variam entre 10 e 420 mg/l, para um aterro jovem a média é de 300 mg/l variando entre 50 e 1000 mg/l.

5.3.16. Metais pesados

A grande variedade das embalagens (ferrosas ou não) depositadas nos AS é a principal fonte de metais posteriormente encontrados nos lixiviados. Os materiais de cobertura utilizados também podem ser eventuais fontes destas substâncias. As concentrações variam de acordo com a fase de decomposição do resíduo. A concentração de metais como o Fe, Zn, Cu, Pb e Cd pode ser elevada em aterros jovens devido ao meio ácido, que permite a sua solubilização. Com o passar do tempo o pH tende a aumentar, fazendo com que as concentrações de metais tenham uma tendência decrescente. Os lixiviados provenientes de resíduos domésticos têm baixa concentração de metais pesados, que aumentam quando há um despejo de resíduos industriais (Ray e Chan, 1986; PROSAB, 2009).

Não se consegue fazer uma análise gráfica dos metais pesados estudados (Fe, As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg e Zn), pois muitas vezes a concentração destes compostos é inferior ao limite detectável do método.

Ferro

Pode verificar-se, a partir dos Quadros 47 e 48 (anexo III), que a concentração de Fe nos lixiviados do ASBA desce após o primeiro ano de exploração (1998) e mantém-se baixa. No primeiro ano de exploração a concentração varia entre 155 e 25 mg/l, oscilando, nos restantes anos, entre <0,5 e 27 mg/l (limite de detecção). Por outro lado, nos lixiviados do ASSA a concentração deste composto tem uma tendência crescente a

partir do sexto ano de exploração (2007). De Setembro de 2001 a Maio de 2006 a concentração oscila entre 1 e 9 mg/l e, entre Novembro de 2006 e Novembro de 2009, a concentração varia entre 9 e 20mg/l, aproximadamente

O comportamento da concentração deste metal nos lixiviados dos dois aterros é oposto, pois no ASBA diminui ao longo do tempo enquanto que no ASSA aumenta, isto pode dever-se aos RSU recolhidos e depositados do Sotavento terem um teor em Fe superior aos recolhidos do Barlavento.

Arsénio

A concentração de As nos lixiviados do ASBA é difícil de se estudar e verificar uma evolução, pois na maior parte dos anos é inferior ao limite detectável, não sabendo ao certo qual é a concentração deste composto. Analisando as concentrações detectáveis verifica-se que não existe variações significativas de As nos lixiviados do ASBA: em 1998 apresenta concentrações entre 0,003 e 0,093 mg/l; nos anos 2003 e 2004 a concentração varia entre <0,005 e 0,058 mg/l; e no período de 2006 a 2009 varia entre <0,0005 e 0,180 mg/l. No ASSA a concentração de As nos lixiviados tem uma tendência decrescente, existindo, por vezes, meses com concentrações mais altas ao longo dos anos de exploração. De 2000 até 2005, inclusive, a concentração nos lixiviados do Sotavento variam entre <0,008 e 0,430, enquanto que no período de 2006 a 2008 a varia entre 0,042 e 0,200 mg/l e no último ano em estudo a concentração varia entre <0,003 e 0,320 mg/l (Quadro 49 e 50 do anexo III).

Pode verificar-se que a concentração do As nos lixiviados ASSA é um pouco mais alta que a encontrada nos lixiviados do ASBA, mas assumindo que a diferença não é muito significativa.

Chumbo

O Pb é outro dos metais, no ASBA, que tem muitos valores inferiores ao limite detectável, não se podendo fazer uma análise evolutiva com base em todos aos anos. Comparando o primeiro ano com os últimos 5, em estudo, verifica-se que no primeiro ano a concentração varia entre <0,002 e 0,067 mg/l enquanto que no período de 2005 a 2009 a concentração varia entre 0,007 e 1,730 mg/l (Quadro 51 do anexo III). No ASSA a concentração do Pb nos lixiviados varia entre <0,003 e 0,840 mg/l (Quadro 52 do anexo III). As concentrações nos lixiviados dos dois aterros são muito semelhantes.

Cádmio

A concentração Cd aumentou nos lixiviados do ASBA, comparando o primeiro ano (1998) com o último ano representado. No primeiro ano representado as concentrações variam entre 0,002 e 0,007 mg/l enquanto que em 2009 a concentração deste composto tem valores próximos de 2 mg/l (Quadro 53 do anexo III). No ASSA, a concentração de Cd nos lixiviados não ultrapassa os 0,04 mg/l, excepto em Junho de 2002, que apresenta uma concentração de 0,330 mg/l (Quadro 54 do anexo III).

Crómio

A concentração de Cr nos lixiviados do ASBA aumenta ao longo da fase de exploração do aterro, excepto em 2009, quando a concentração desce. No primeiro ano de exploração (1998) a concentração varia entre 0,034 e 0,613 mg/l; entre 1999 e 2005 a concentração encontra-se entre <0,05 (limite detectável do método utilizado) e 4,7 mg/l; no período de 2006 a 2008 a concentração oscila entre 0,900 e 4,4 mg/l; e no último ano a concentração encontra-se em <0,1 e 1,7 mg/l (Quadro 55 do anexo III). Na evolução da concentração deste composto no ASSA verifica-se um aumento desde o início da exploração do aterro: em 2000 a concentração de Cr nos lixiviados é de 0,27 mg/l; entre 2001 e 2006 a concentração varia entre <0,6 e 2,4; e entre 2007 e 2009 oscila entre 0,707 e 2,9 mg/l (Quadro 56 do anexo III). Nos dois aterros em estudo a concentração aumenta ao longo dos anos.

Cobre

Relativamente à presença de Cu nos lixiviados do aterro do Barlavento Algarvio (Quadro 57 do anexo III), verifica-se que existem bastantes valores que são inferiores ao limite detectável. Em 1998 (primeiro ano de exploração) tem um mínimo de 0,03 e um máximo de 0,103 mg/l; em 2001 a concentração oscila entre <0,1 e 0,76 mg/l; no período de 2006 a 2009 as concentrações variam entre 0,059 e 0,938 mg/l. Nos lixiviados do ASSA a concentração de cobre em 2000 e 2001 varia entre <0,04 e 0,14; em 2002 varia entre 0,044 e 0,167 mg/l, apresentando, nos dois últimos anos representados, um mínimo de 0,076 e um máximo de 0,103 mg/l (Quadro 58 do anexo III).

Kulikowska e Klimiuk (2007) observam que a concentração deste composto nos lixiviados de um aterro na Polónia tem um mínimo de concentração de Cu de 0,01 e um

máximo de 0,09 mg/l, sendo que os aterros em estudo têm valores superiores aos encontrados pelos autores.

Níquel

A concentração de Ni nos lixiviados dos dois aterros não sofre grandes variações ao longo dos anos em estudo, não tem uma tendência. No ASBA a concentração varia entre 0,039 e 2,1 mg/l, por outro lado nos lixiviados do ASSA a concentração varia entre 0,054 e 1 mg/l (Quadros 59 e 60 do anexo III).

Mercúrio

As concentrações de Hg nos lixiviados do ASBA e do ASSA não mostram nenhuma tendência ao longo da fase de exploração dos aterros (Quadro 61 e 62 do anexo III), pois quase todos os dados são inferiores ao limite detectável do método utilizado.

Zinco

Através do Quadro 63 do anexo III verifica-se que a concentração de Zn aumenta nos lixiviados do ASBA, ao longo da fase de exploração. Os valores mais altos deste composto encontram-se nos anos 2000, 2001 e 2002 (≈ 2 mg/l). No primeiro ano de exploração os valores da concentração não ultrapassam 0,7 mg/l, enquanto que, no ano 2009, as concentrações são próximas de 1 mg/l. No primeiro ano de exploração do ASSA a concentração deste composto é inferior a 0,28 mg/l, enquanto que, nos dois anos seguintes, existem valores próximos de 3 mg/l. Nos restantes anos a concentração varia entre 0,4 e 2 mg/l, aproximadamente (Quadro 64 do anexo III). Como se pode verificar que a concentração deste compostos nos lixiviados dos dois aterros em muito semelhante.

O metal pesado que apresenta maior concentração no período de estudo é o Fe, seguido do Zn. O Hg é o apresenta os menores valores, a maior parte são inferiores ao limite detectável do método utilizado.

Nos estudos apresentados no Quadro 9, os metais pesados diminuem a sua concentração nos lixiviados dos aterros com a idade do aterro, excepto o Cu no estudo feito por Zyang *et al.* (2009).

5.4. Síntese geral da análise da evolução dos compostos

Neste subcapítulo efectua-se uma síntese, relativa aos anos de 2008 e 2009, relativa á fase em que se encontra cada parâmetro medido nos AS. Verifica-se pela análise do Quadro 13 que os parâmetros, não estão todos na mesma fase de degradação em ambos aterros. Existem compostos que a sua concentração média se localiza nos valores típicos da fase ácida como na metanogénica. Desta forma, não se consegue verificar que fase que os AS se encontram, o que pode ser explicado devido a:

- i) Os lixiviados das lagoas de arejamento dos AS (onde foi efectuada a amostragem para análise dos diferentes parâmetros) são oriundos de células diferentes, a A e a B, estando a célula A já fechada e a B ainda em exploração em ambos os AS;
- ii) Tempos de retenção dos lixiviados dentro das células de deposição são diferentes, devido ao sistema de válvulas existente que retêm os lixiviados dentro das células.

Quadro 13. Fase que se encontra os valores de cada composto em 2008/2009.

Composto	Fase do AS	
	ASBA	ASSA
CBO ₅	Ácida	Ácida
CQO	Ácida	Ácida
CBO ₅ /CQO	Metanogénica	Metanogénica
Azoto total	Ácida/ metanogénica	Ácida/ metanogénica
Amónia	Ácida/metanogénica	Ácida/metanogénica
Fósforo total	Ácida/metanogénica	-
pH	Metanogénica	Metanogénica
Cálcio	Metanogénica	Metanogénica
Magnésio	Metanogénica	Metanogénica
Potássio	Ácida/metanogénica	Ácida/metanogénica
Sódio	Ácida/metanogénica	Ácida/metanogénica
Cloretos	Ácida/metanogénica	Ácida/metanogénica
Sulfatos	Ácida	Ácida

5.5. Eficiência da osmose inversa

Neste subcapítulo analisou-se a eficiência da osmose inversa na remoção dos principais parâmetros considerados, cálculos efectuados pelos dados trimestrais do último ano em estudo, 2009.

A osmose inversa é um processo de tratamento de separação de membranas, que consiste na passagem de uma solução líquida por uma membrana semipermeável, a uma pressão elevada (Löblich, 2006).

Para calcular a eficiência de remoção utilizou-se a seguinte fórmula:

Nos Quadros 14 e 15 encontram-se as percentagens de remoção para os compostos CQO, CBO₅, SST e azoto total nos dois aterros em estudo.

Quadro 14. Percentagem de remoção de CQO, CBO₅, SST e Azoto total no ASBA em 2009.

Mês	CQO (%)	CBO ₅ (%)	SST (%)	Azoto total (%)
Fev	99,7	99,6	99,4	99,6
Mai	99,7	99,7	99,8	99,3
Ago	-	-	-	-
Nov	99,8	99,7	99,8	99,8

Quadro 15. Percentagem de remoção de CQO, CBO₅, SST e Azoto total no ASSA em 2009.

Mês	CQO (%)	CBO ₅ (%)	SST (%)	Azoto total (%)
Fev	99,6	99,6	99,0	99,9
Mai	99,7	99,6	99,6	99,7
Ago	99,7	99,6	99,3	-
Nov	99,7	99,6	99,3	99,8

Nos Quadros 14 e 15 verifica-se que a eficiência de remoção da osmose inversa para os compostos presentes nos lixiviados dos dois aterros é idêntica à percentagem de remoção apresentada por Levy (2004).

A descarga dos lixiviados em meio aquático ou no solo é abrangida pelo Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, que regula as normas de descarga das águas residuais de forma à promoção da qualidade do meio aquático e à protecção da saúde pública e dos solos. A qualidade do efluente da osmose inversa para os parâmetros estudados encontra-se em conformidade com os valores limites de emissão (VLE).

5.6. Limitações do estudo

Durante todo o processo, referente ao estudo para o presente trabalho, pretendeu-se que o mesmo se baseasse no que sucede na realidade. No entanto, surgiram algumas limitações no que respeita ao cumprimento dos objectivos, destacando-se:

- Dados provenientes de diferentes pontos de recolha: existem dados que cuja recolha das amostras para a análise dos parâmetros foi efectuada à saída das células dos aterro e dados cuja recolha para análise foi efectuada dos lixiviados que se encontram na lagoa. No entanto, considerou-se que os lixiviados ao estarem na lagoa não sofrem nenhuma alteração nas concentrações dos seus compostos;
- O tempo de retenção dos lixiviados dentro das células do aterro e dentro da lagoa são diferentes, devido a um sistema de válvulas que controla o movimento dos lixiviados;
- Diferentes empresas a efectuar análise: as análises das amostras de lixiviados foram efectuadas por duas empresas em períodos diferentes. No período inicial do caso de estudo, a análise era efectuada pelo SISAQUA- sistema de saneamento básico, LDA. Posteriormente, a análise passou a ser efectuada pela Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Algarve. No entanto, considerou-se que os métodos de quantificação utilizados pelas duas entidades são equivalentes.

6. CONCLUSÃO

Os aterros sanitários em estudo são do Barlavento e do Sotavento Algarvio, em Portugal. Ambos os aterros recebem RSU que vêm de toda a região Algarvia. A quantidade de resíduos depositados nos aterros apresenta um aumento anual, devido não só ao aumento da população servida na região, como também devido ao aumento da capitação por habitante.

Os RSU registados nos aterros são constituídos por vários componentes e cada um destes contribui com uma percentagem de MOB no aterro. O tipo e a composição dos resíduos influenciam a composição dos lixiviados, tal como a estabilização dos resíduos

que também influencia a qualidade das águas lixiviantes, devido ao seu estado de degradação.

Ao verificar a composição dos RSU dos dois aterros pode-se concluir que os resíduos que são depositados em ambos os aterros apresentam uma quantidade considerável de MOB.

Pode-se concluir que nem todos os compostos apresentam uma evolução na concentração de acordo com as concentrações típicas correspondentes às idades dos aterros e às respectivas fases de estabilização consultadas na bibliografia. Visto que ambos os AS têm a célula A fechada e a célula B ainda em exploração, os resíduos não se encontram na sua totalidade na mesma fase de estabilização/degradação, facto este que dificulta uma eventual identificação na evolução da concentração dos compostos nos lixiviados ao longo dos anos. Assim, não é possível identificar uma tendência evolutiva nos compostos estudados, verificando-se diversos períodos de aumento e decréscimo dos valores registados ao longo das fases de exploração dos aterros.

De acordo com o relatório anual de 2004 de ambos os aterros, registam presença de metano, assim no que respeita à fase de estabilização dos AS, pode-se concluir que ambos estão na fase metanogénica, pois só nesta fase é que se inicia a formação deste gás.

Verificou-se também que não existe uma relação entre a sazonalidade e a qualidade dos lixiviados, assumido-se que este fenómeno não se observa devido não só à recirculação do concentrado proveniente da osmose inversa, que, por seu lado, injecta um teor em humidade na massa dos resíduos durante todo o ano, como também o caudal proveniente do sistema de enfardamento e das instalações sanitárias.

Os dois aterros sanitários dispõem de um tratamento para os lixiviados oriundos da estabilização dos resíduos, a partir de uma osmose inversa. Este é um dos processos mais eficientes para o tratamento deste tipo de águas com concentrações muito elevadas de contaminantes. O tratamento por osmose inversa implementado nos dois aterros em estudo apresenta uma eficiência muito elevada para os compostos CQO, CBO₅, SST e Azoto total.

7. PERSPECTIVAS FUTURAS

A realização do presente trabalho permitiu concluir que, num estudo futuro, sugere-se:

- A recolha de amostras com a mesma periodicidade, durante os próximos anos, e análise de todos os compostos de forma a melhor conhecer a estabilidade dos RSU;
- A recolha das amostras em dois pontos, de forma independente, na célula A (já fechada) e na célula B (ainda com deposição) antes da lagoa para verificar a diferença das concentrações dos compostos nos lixiviados em células já fechadas e células ainda com deposição de RSU.

8. BIBLIOGRAFIA

Akerman, A. (2005). *Feasibility of nitrate-shunt (nitrification) on landfill leachate.* Dissertação de mestrado, Instituto de Tecnologia, Universidade de Lund (Suécia), p. 79.

ALGAR – Valorização e Tratamentos de Resíduos Sólidos do Algarve, (2011). Disponível em: <http://www.algar.com.pt/pt/>. Acedido a 5 de Abril de 2011.

Almeida, D. E. e Cunha-Queda, A.C. (2005). *Estratégias de obtenção de compostos de qualidade com potencial para valorização agrícola.* Comunicação apresentada ao 1º Encontro Internacional de Compostagem, Escola Superior de Biotecnologia, Universidade Católica Portuguesa, Porto, 9 a 11 de Maio.

Alves, W., Costa, A., Leite, J. e Urenha, L. (2000). *Tratamento de Efluentes Líquidos de Aterros Sanitários.* In: D'Almeida, M.L.; Vilhena, A. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. 2º ed. São Paulo: IPT/CEMPE-COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. Cap.6, p. 295-313.

Antas, A. (1987). *Políticas de Gestão de Resíduos em Portugal - Actas do Colóquio sobre Resíduos Tóxicos e/ou Perigosos.* Lisboa : Direcção Geral de Qualidade do Ambiente, p. 1-10.

APA - Agencia Portuguesa do Ambiente (2008). *Relatório de Estado do Ambiente 2007.* s.l. : EURODOIS Artes Gráficas, Lda., 2008. 978-972-8577-46-9.

APA - Agencia Portuguesa do Ambiente (2009). *SIDS Portugal - Indicadores-chave 2009.* s.l. : EURODOIS. Artes Gráficas, Lda., 2009. 978-972-8577-48-3.

APA - Agencia Portuguesa do Ambiente (2010). *Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007-2016 (PERSU II)/Agência Portuguesa de Ambiente.* Disponível em :
<http://www.apambiente.pt/politicasambiente/residuos/planeamentoresiduos/persuII/Paginas/default.aspx>. Acedido a 24 de Janeiro de 2010.

APA- Agência Portuguesa do Ambiente (2010). Caracterização da situação dos resíduos urbanos em Portugal continental em 2009. Disponível em :
http://www.apambiente.pt/politicasambiente/Residuos/gestaoresiduos/RU/Documents/Rrelatorio_RU_2009.pdf. Acedido a: 27 de Agosto de 2011.

Baig, S., Coulomb, I., Courant, P. e Liechti, P. (1999). *Treatment of landfill leachates: Lapeyrouse and Satrod case studies.* Ozone Science Engineering, Vol. 21, p. 1–22.

Barlaz, M.A. e Ham, R.K. (1993). *Leachate and gas generation.* In: Daniel, D.E. (Ed.). *Geotechnical practice for waste disposal.* London, UK: Chapman & Hall. Cap 6.

Barth (2000), em *Economic Analysis of options for managing biodegradable municipal waste,* Final report to the European Commission, Eunomia Research and Consulting & al., 2002.

Bilgili, M., Demir, A. e Özkaya, B. (2006). *Influence of leachate recirculation on aerobic and anaerobic decomposition of solid wastes.* Journal of Hazardous Materials, Vol. 143, p. 177-183.

Bilitewski, B., Hardle, G., Marek, K., Weissbach, A. e Boeddicker, H. (1997). *Waste management.* Heidelberg, Germany : Springer-Verlag Berlin, 1997.

Bilstad, T. e Madland, M. (1992). *Leachate minimization by reverse osmosis.* Water Science Technology, Vol.25, p. 117–120.

Brito R. S. (1994). Portugal. Perfil Geográfico. Editorial Estampa. Lisboa.

Castilhos Jr, A. B.; Pessin, N.; Fernandes, F. (2006). *Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos com Ênfase na Proteção de Corpos D'água: Prevenção, Geração e Tratamento de Lixiviados de Aterros Sanitários.* Prosab – Rede Cooperativa de Pesquisas. Santa Catarina.

Castilhos Jr., A. Medeiros, P., Frita, I., Lupatini, G. e Silva, J. (2003). *Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte.* PROSAB, Rede Cooperativa de Pesquisas. Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades. Florianópolis, Brasil.

CCDR Algarve – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento, (2005). Solos e ordenamento do território. Disponível em : <https://web.ccdralg.pt/sids/indweb/indicador.asp?idl=46&idt=4>. Acedido a 06 de Junho de 2011.

Chan, G. Y. S., Chu, L.M. e Wong, M. H. (2002). *Effects of leachate recirculation on biogas production from landfill co-disposal of municipal solid waste, sewage sludge and marine sediment.* Environmental Pollution, Vol. 118, p. 393–399.

Chan, G., Chang, J., Kurniawan, T., Fu, C., Jiang, H. e Je, Y. (2007). *Removal of nonbiodegradable compounds from stabilized leachate using VSEPRO membrane filtration.* Desalination, Vol. 202, p. 310–317.

Chen, K.Y. e Bowerman, F. R. *Mechanisms of leachate formation in sanitary landfills.* In: **Yen, T.F. (Ed.) (1974).** *Recycling and disposal of solid wastes: industrial, agricultural, domestic.* Ann Arbor: Ann Arbor Science Publishers, Inc. Cap.12, p.349-367.

Chen, Y., Wu, S., Wu, W., Sun, H. e Ding, Y. (2009). *Denitrification capacity of bioreactors filled with refuse at different landfill ages.* Journal of Hazardous Materials, Vol.172, p. 159-165.

Chernicharo, C.A.L., (1997). *Princípios do tratamento biológico de águas residuais: reatores anaeróbicos.* Minas Gerais:Desa/EEUFMG. Vol.5.

Chiemchaisri , C., Chiemchaisri, W., Visvanathan, C., Tränkler, J. e Kurian, J. (2004). *Bioreactor landfill for sustainable solid waste landfill management.* Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok Thailand.

Christensen, T.H., Kjeldsen, P., Albrechtsen, H.-J., Heron, G., Nielsen, P.H., Bjerg, P.L. e Holm,P.E. (1994). *Attenuation of landfill leachate pollutants in aquifers.* Critical Reviews in Environmental Science and Technology, p. 24-119.

Cintra, F.H., Hamada, J. e Castilho Filho G.S. (2002). *Fatores que afetam a qualidade do chorume gerado em aterro controlado de resíduos sólidos urbanos.* IN: VI SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Vitória.

Clement, B. (1995). *Physico-chemical characterisation 25 french lanfill leachates.* Sardinia, Itália.

D'Almeida, M.L.O. e Vilhena, A (2000). Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT: CEMPRE, 2000.

DECRETO-LEI n.º 178/2006. D.R. I Série 171 (2006-09-05) 6526-6545.

DECRETO-LEI nº 152/2002. D.R. I Série-A (2002-05-23) 4680-4699.

DECRETO-LEI nº 183/2009. D.R. *I Série 153* (2009-08-10) 5170-5198.

Diamadopoulos, E. (1994). *Characterization and treatment of recirculation stabilized leachate.* Water Research, Vol.28, p.2439-2445.

Dinis, (2007). *Lixiviados de Aterros Sanitários.* Sector de tecnologias do Ambiente. Escola Superior Agrária de Coimbra. Coimbra. Portugal.

Dorfmann, R. (1985). *Les Résidus Urbains.* Collecte des residus, nettoyage des voies publiques. Vol. 1. Association générale des Hygiénistes et Techniciens municipaux. Paris.

Ehrig, H.-J (1983). *Quality and quantity of sanitary landfill leachate.* Waste Management & Research, Vol.1, n.1, p. 53-68.

El-Fadel, M., Bou-zeid, E., Chamine, W. e Alayli, B. (2002). *Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content.* Waste Management, Vol.22, p.269-282.

EPA - Environmental Protection Agency (1995). “Decision Maker’s Guide to Solid Waste Management”. Vol.II, Cap.9 – Land Disposal.

ERENA – Ordenamento e Gestão de Recursos Naturais, Lda, (2007). Plano de Ordenamento da Reserva Natural do Sapal de Castro Marim e Vila Real de Santo António, da Mata de Monte Gordo e dos Sapais do Beliche-Caroucha, 1ª Fase, caracterização. Estudos de Base-descrição.

EST- Escola Superior de Tecnologia (2004). Monitorização ambiental do aterro sanitário do Sotavento Algarvio. Relatório anual. Universidade do Algarve, Faro.

EST- Escola Superior de Tecnologia (2005). Monitorização ambiental do aterro sanitário do Sotavento Algarvio. Relatório anual. Universidade do Algarve, Faro.

EST- Escola Superior de Tecnologia (2006a). Monitorização ambiental do aterro sanitário do Barlavento Algarvio. Relatório anual. Universidade do Algarve, Faro.

EST- Escola Superior de Tecnologia (2006b). Monitorização ambiental do aterro sanitário do Sotavento Algarvio. Relatório anual. Universidade do Algarve, Faro.

EST- Escola Superior de Tecnologia (2007a). Monitorização ambiental do aterro sanitário do Barlavento Algarvio. Relatório anual. Universidade do Algarve, Faro.

EST- Escola Superior de Tecnologia (2007b). Monitorização ambiental do aterro sanitário do Sotavento Algarvio. Relatório anual. Universidade do Algarve, Faro.

EST- Escola Superior de Tecnologia (2008a). Monitorização ambiental do aterro sanitário do Barlavento Algarvio. Relatório anual. Universidade do Algarve, Faro.

EST- Escola Superior de Tecnologia (2008b). Monitorização ambiental do aterro sanitário do Sotavento Algarvio. Relatório anual. Universidade do Algarve, Faro.

EST- Escola Superior de Tecnologia (2009a). Monitorização ambiental do aterro sanitário do Barlavento Algarvio. Relatório anual. Universidade do Algarve, Faro.

EST- Escola Superior de Tecnologia (2009b). Monitorização ambiental do aterro sanitário do Sotavento Algarvio. Relatório anual. Universidade do Algarve, Faro.

Faria, A. L. (1997). *Tecnologia do confinamento de resíduos urbanos em grandes aterros.* Águas e Resíduos, Vol.5, p. 22-26.

Ferreira A. M. (2000). *Dados Geoquímicos de Base de Sedimentos Fluviais de Amostragem de Baixa Densidade de Portugal Continental: Estudo de Factores de Variação Regional.* Universidade de Aveiro. Departamento de Geociências. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para a obtenção do grau de Doutor em Geociências.

Frascari, D., Bronzini, F., Giordano, G., Tedioli, G. e Nocentini, M. (2004). *Long-term characterization, lagoon treatment and migration potential of landfill leachate: a case study in an active Italian landfill.* Chemosphere, Vol.54, p.335–343.

Golueke, C. G. (1977). *Biological reclamation of solid waste.* Rodale Press, Emmaus, Pennsylvania, p. 249.

Hasar, H., Unsal,S., Ipek, U., Karatas, S., Cinar, O., Yaman,C. e Kimaci, C. (2009). *Stripping/flocculation/membrane bioreactor/reverse osmosis treatment of municipal landfill leachate.* Journal of Hazardous Materials, Vol.171, pp. 309–317.

Held, Alejandro (1996). *Procesos para el Tratamiento de Lixiviados de Vertederos*. Revista Resíduos nº30 ano IV, ed. Ategrus, Bilbao, Espanha.

ICN (2005). Revisão do Plano de Ordenamento do Parque Natural da Ria Formosa. Instituto da Conservação da Natureza Portugal. Lisboa.

INE – Instituto Nacional de Estatística (2011). Estimativas de População Residente, Portugal, NUTS II, NUTS III e Municípios 2009. Disponível em: http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=83328088&DESTAQUESmodo=2. Acedido a 15 de Junho de 2011.

INE – Instituto Nacional de estatística, (2010). Inquérito à permanência de hóspedes e outros dados de hotelaria, por Município, 1998 - 2009.

INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I.P. (2006). *Avaliação do potencial de biomassa da região do Algarve*. Parceria com a AREAL. Departamento de Engenharia Energética e Controlo Ambiental. Lisboa.

INMG - Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, (1985). Altas do Ambiente. Humidade do Ar. Comissão nacional do ambiente, Lisboa.

INR – Instituto de Resíduos (2002). Dados de estudo resíduos sólidos urbanos, concepção e construção e exploração de tecnossistemas, que caracterizam a situação nacional entre 1996 e 2001.

Jun, D., Yongsheng Z., Henry, R. e Mei H. (2007). *Impacts of aeration and active sludge addition on leachate recirculation bioreactor*. Journal of Hazardous Materials, doi:10.1016/j.jhazmat.2007.01.001.

Katayama, A., Chanyasak, V., Hirai, M. F., Shoda, M. e Kubota, H. (1983). *Effect of compost maturity on komatsuna (Brassica repa, var. pervidis) growth in Neubauer's pot*, in ZUCCONI, F. de; BERTOLDI, M. de; COPOLLA, S. (Edts.) Proceedings of the International Symposium on Reclamation and Land Utilization of Urban Wastes, Napoli, p. 541-550.

Kjeldsen P.I., Barlaz, M.A, Rooker, A.P., Baun, A., Ledin, A. e Christensen, T.H. (2002). *Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review*. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, Vol.32, p.297-336.

Kjeldsen, P. e Barlaz, M., (2002). *Present and long-term composition of MSW landfill leachate*. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, Vol. 32:4, p. 297- 336.

Kulikowska, D. e Klimiuk, E. (2007). *The effect of landfill age on municipal leachate composition*. Bioresource Technology, 2007, Vol. 99, pp. 5981-5985.

Lema, J., Mendez, R. e Blazquez, R. (1988). “*Characteristics of landfill leachates and alternatives for their treatment: A review*”. Water Air and Soil Pollution, p. 40: 223-250.

Levy, J. e Cabeças, A. (2006). *Resíduos Sólidos Urbanos - Princípios e Processos*. Lisboa : AEPSA, 2006.

Levy, J. Q. e Santana, C. (2004). *Funcionamento das estações de tratamento de águas lixiviantes e acções para a sua beneficiação*, CESUR, Lisboa. Estudo elaborado para o INR.

Lima, L., Filho, H. e Chaves, F. (2006). *Determinação de Demanda Bioquímica de Oxigénio para Teores $\leq 5 \text{ MG L}^{-1} \text{ O}_2$* . Revista Analytica, Escola de Engenharia de Lorena EEL-USP, Departamento de Engenharia Química (DEQUI), n.25, p. 52-57.

Linde, K.; Jonsson A.; Wimmerstedt R. (1995). *Treatment of three types of landfill leachate with reverse osmosis*. Desalination, Vol.101, n.1, p. 21–30.

Lo, I.M.-C. (1996). *Characteristics and treatment of leachates from domestic landfills*. Environment International, Vol. 22, n.4, p. 433-442.

Löblich, S. (2006). Sistemas de tratamento de lixiviados: panorama e soluções para tratamento terciários para descarga directa no meio hídrico. In Seminário “Tratamento de Águas Lixiviantes”, APEA. Auditório da RESIOESTE. 21 de Setembro. Cadaval.

Louis, G. (2004). *A historical context of municipal solid waste management in the United States*. Waste Management & Research, Vol. 22, p. 306-322.

MAOTDR (2007) – Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional . *Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007-20016 (PERSU II)*. Lisboa : Séries de Publicações MAOTDR, 2007. Portaria n.º 187/2007 de 12 de Fevereiro.

Martinho, M. e Gonçalves, M. (2000). *Gestão de Resíduos*. Edição da Universidade Aberta, Lisboa. 972-674-296-X.

McBean, E.A., Rovers, F.A. e Farquhar, G.J. (1995). *Solid waste landfill engineering and desing*. Englewood Cliffs, New Jersey, EUA: Prentice-Hall PTR, pp. 521.

Oliveira, S. e Pasqual, A. (2000). *Monitoramento do lixiviado de aterro sanitário*. In congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27, Porto Alegre, Rs.

Onay, T.T. e Pohland, F.G. (1998). *In situ nitrogen management in controlled bioreactor landfills*. Water Research, Vol.32, n.5, p. 1383-1392.

Paes, R.F.C. (2003). Caracterização do chorume produzido no Aterro da Muribeca - PE. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Campina Grande – PB, p. 150.

Pedroso, M. (2007). *Análise do desempenho ambiental de 5 aterros de resíduos não perigosos abrangidos pelo regime PCIP*. Universidade Técnica de Lisboa. Dissertação para a obtenção o grau de mestre em Engenharia do Ambiente, Lisboa.

Peixoto, J. P. (1987). O Sistema Climático e as Bases Físicas do Clima, O Homem, o Clima e o Ambiente – I, p. 130-139.

Peters, T. (1998). *Purification of landfill leachate with reverse osmosis and nanofiltration*. Desalination, Vol.119, p. 289-293.

Pohland, F.G. e Harper, S. R. (1986). *Critical review and summary of leachate and gas production from landfills*. EPA/600/2-86/73. Cincinnati, OH, U.S.A.: U.S. Environmental Protection Agency.

PROSAB, (2009). Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições Brasileiras. Edital 5, 1º Edição, editora ABES. Rio de Janeiro. ISBN:978-85-7022-163-6.

Rathje, W. L. (1991). *Once and future landfills*. National Geographic, 179 (5), p. 116 – 134.

Ray, C; Chan, P.C., (1986). *Heavy metals in landfill leachate*. International Journal of Environmental Studies, Vol.27, p. 225-237.

Rees, J. F. (1980). *The fate of carbon compounds in the landfill disposal organic matter.* Journal of chemical technology and biotechnology, p. 161-175.

Renhou, H., Ziyang, L., Youcai, Z., Tao, Y., Yu, S., Huili, C. e Nanwen, Z. (2009). *Natural attenuation and characterization of contaminants composition in landfill leachate under different disposing ages.* Science of the Total Environment, 2009, Vol. 407, p. 3385-3391.

Renou, S.; Givaudan, J., Poulain S., Dirassouyan F., Moulin, P. (2008). *Landfill leachate treatment.* Journal of Hazardous Material, Vol. 150, p. 468-493.

Ribeiro, O., Lautensach, H. e Daveau, S. (1997). Geografia de Portugal. I – A Vida Económica e Social. Edições João Sá da Costa, Lisboa.

Rodrigues, M. (2007). *Tratamento Eletrolítico de Lixiviado de Aterro.* . Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Dissertação Mestrado em Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Brasil.

Russo, M. (2005). *Avaliação dos processos de transformação de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitário.* Universidade do Minho - Escola de Engenharia. 2005. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil.

Salem, Z.; Hamouri, K.; Djemaa, R.; Allia, K. (2008). *Evaluation of landfill leachate pollution and treatment.* Desalination, Vol. 220, p. 108–114.

San, I.; Onay, T. (2001). *Impact of various leachate recirculation regimes on municipal solid waste degradation.* Journal of Hazardous Materials, Vol. B87, p. 259-271.

Shearer, J., (2001). Enhanced Biodegradation in Landfills Enviros Consulting, 2007.

Shiralipour, A.; McConnel, D. B.; Smith, W. H., (1997). *Applying compost to crops,* in The Staff of Biocycle (Edts), Composting source separated organics, The J. G. Press, Emmaus, Pennsylvania, 1997, p. 228-228.

Shouliang H., Beidou, X., Haichan, Y., Liansheng, H., Shilei, F. e Hongliang, L. (2008). *Characteristics of dissolved organic matter (DOM) in leachate with different landfill ages.* Journal of Environmental Sciences, Vol. 20, p. 492–498.

SISAQUA – Sistemas de Seneamneto Básico, Lda (2004). Monitorização Ambiental do Aterro Sanitário do Barlavento. Relatório Anual.

SISAQUA – Sistemas de Seneamneto Básico, Lda (2005). Monitorização Ambiental do Aterro Sanitário do Barlavento. Relatório Anual.

Stegman, R. (1983). *Landfill Water Balance*. En R.L. Wentworth (Ed.). Proceedings of the 3th International Symposium on anaerobic digestion. Boston, Dynatech, Cambridge USA; p. 171-183.

Tatsi, A. A. e Zouboulis, A. I. (2002). *A field Investigation of the quantity and quality of leachate from a municipal solid waste landfill in a mediterranean climate (Thessaloniki, Greece)*. Advances in Environmental Research, Vol.6, p. 207-219.

Tchobanoglous, G. e Kreith, F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management*. Second Edition. New York : McGraw-Hill.

Tchobanoglous, G., Theisen, H. e Vigil, S. (1993). *Integrated Solid Waste Management- Engineering Principles and Management Issues*. s.l. : McGraw-Hill International Editions, 1993.

Vieira, A., Franco, C., Marques, F., Rosa, F. e Monsanto, M. (2006). *Avaliação do potencial de biomassa da região do Algarve – Projecto ENERSUR*. Instituto Nacional de Engenharia Tecnologia e Inovação, I.P.. Departamento de Engenharia Energética e Controlo Ambiental. Lisboa.

Warith, M e Sharma, R. (1998). *Technical review of methods to enhance biological degradation in sanitary landfills*. Water Quality Research Journal of Canada, Vol.33, n.3, p. 417-37.

Ziyang, L., Bing, D., Xaioli, C., Yu, S., Youcai, Z. e Nanwen, Z. (2009). *Characterization of refuse landfill leachates of three different stages in landfill stabilization process*. Journal of Environmental Sciences, Vol. 21, p. 1309-1314.

Zuccari, M. L., Graner, C. A., Leopoldo, P. (2005). *Determinação da demanda de oxigénio (DQO) em águas e efluentes por método colorimétrico alternativo*. Energy in Agriculture, Botucatu, Vol.20, n. 4, p. 69-82.

ANEXOS

Anexo I

Fracção orgânica dos resíduos sólidos urbanos.

Quadro 16. Fracção orgânica dos RSU na Europa (adaptado de Barth, 2000).

País	Fracção orgânica dos RSU
Áustria	29%
Bélgica (Flandres)	48%
Bélgica (Valónia)	45%
Dinamarca	37%
Finlândia	35%
França	29%
Alemanha	32%
Grécia	49%
Irlanda	29%
Itália	32 - 35 %
Luxemburgo	44%
Holanda	46%
Portugal	35%
Espanha	44%
Suécia	40%
Reino Unido	22%
Média europeia	32%

Anexo II

Deposição dos resíduos a longo dos anos nos aterros sanitários Barlavento e Sotavento Algarvio.

Quadro 17. Os resíduos sólidos urbanos que são depositados nos dois aterros.

Ano	RSU (t)	
	ASBA	ASSA
1998	101.823,30	-
1999	118.210,02	-
2000	129.277,10	28.549,56
2001	135.812,38	104.698,28
2002	139.809,74	120.311,17
2003	142.032,81	133.369,06
2004	144.095,16	144.217,69
2005	145.547,92	144.904,82
2006	153.906,50	152.971,62
2007	152.261,19	150.669,76
2008	168.489,19	163.990,55
2009	138.163,54	202.949,73

Anexo III

Concentração dos compostos nos lixiviados do aterro sanitário do Barlavento e Sotavento Algarvio.

Quadro 18. Concentração de CBO₅ nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	CBO₅ (mg/l)
1998	Abr	2	825
	Ago	6	700
	Out	8	3600
	Dez	10	1100
1999	Jan	11	374
	Mai	15	1400
	Jul	17	11200
	Ago	18	860
	Out	20	12600
	Dez	22	8300
2000	Jan	23	6600
	Mar	25	8300
	Abr	26	2200
	Mai	27	1400
	Jun	28	570
	Jul	29	450
	Ago	30	400
	Set	31	540
	Out	32	470
	Nov	33	310
	Dez	34	620
2001	Jan	35	570
	Fev	36	540
	Mar	37	510
	Abr	38	540
	Mai	39	168
	Jun	40	760
	Jul	41	440
	Ago	42	460
	Set	43	520
	Out	44	760
	Nov	45	520

Quadro 18 (continuação). Concentração da CBO₅ no ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	CBO ₅ (mg/l)
2002	Jan	47	380
	Fev	48	660
	Mar	49	740
	Abr	50	460
	Mai	51	490
	Jun	52	1000
	Jul	53	1000
	Set	55	1200
	Nov	57	1200
	Dez	58	800
2003	Jan	59	400
	Fev	60	200
	Mar	61	800
	Abr	62	1600
	Mai	63	1800
	Jun	64	2000
	Jul	65	1000
	Ago	66	1000
	Set	67	1000
	Out	68	1600
	Nov	69	800
	Dez	70	1600
2004	Jan	71	1600
	Fev	72	1400
	Mar	73	800
	Abr	74	1000
	Mai	75	1000
	Jun	76	1000
	Jul	77	1000
	Ago	78	1500
	Set	79	1600
	Out	80	400
	Dez	82	2200

Quadro 18 (continuação). Concentração da CBO₅ no ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	CBO₅ (mg/l)
2005	Jan	83	2000
	Fev	84	500
	Mar	85	1350
	Abr	86	1600
	Mai	87	1000
	Jun	88	1500
	Jul	89	1600
	Ago	90	2000
	Set	91	2500
	Out	92	1500
2006	Mai	99	1300
	Ago	102	1700
	Nov	105	1800
2007	Fev	108	1700
	Mai	111	1500
	Ago	114	1700
	Out	116	2000
	Nov	117	2000
	Dez	118	2200
2008	Jan	119	2050
	Fev	120	2400
	Mar	121	2700
	Abr	122	3200
	Mai	123	1500
	Jun	124	1500
	Jul	125	2300
	Ago	126	900
	Set	127	900
	Out	128	1500
	Nov	129	700
	Dez	130	1200

Quadro 18 (continuação). Concentração da CBO₅ no ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	CBO₅ mg/l
2009	Jan	131	916
	Fev	132	1200
	Mar	133	850
	Abr	134	900
	Mai	135	1800
	Jun	136	1800
	Out	140	2100
	Nov	141	1700
	Dez	142	2150

Quadro 19. Concentração de CBO₅ nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	CBO₅ (mg/l)
2000	Nov	5	4800
2001	Mar	9	1150
	Jun	12	900
	Set	15	800
2002	Mar	21	700
	Jun	24	1300
	Nov	29	1600
2003	Jan	31	450
	Fev	32	700
	Mar	33	650
	Abr	34	1000
	Mai	35	900
	Jun	36	700
	Jul	37	700
	Ago	38	600
	Set	39	850
	Out	40	1000
	Nov	41	700
	Dez	42	800
2004	Fev	44	900
	Mai	47	600
	Nov	53	700
2005	Fev	56	1150
	Mai	59	900
	Ago	62	1100
	Nov	65	1000
2006	Fev	68	400
	Mai	71	1400
	Ago	74	1000
2007	Fev	80	800
	Mai	83	950
	Ago	86	1500
	Out	88	1100
	Nov	89	1100
	Dez	90	1050

Quadro 19 (continuação). Concentração de CBO₅ nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	CBO₅ (mg/l)
2008	Jan	91	1300
	Fev	92	1000
	Mar	93	1300
	Abr	94	1300
	Mai	95	700
	Jun	96	1000
	Jul	97	1200
	Ago	98	1100
	Set	99	1200
	Out	100	800
	Nov	101	1100
	Dez	102	1250
2009	Fev	104	1400
	Abr	106	1400
	Mai	107	1200
	Jun	108	1700
	Jul	109	1300
	Ago	110	1250
	Set	111	1250
	Out	112	1300
	Nov	113	1150
	Dez	114	1400

Quadro 20. Concentração de CQO nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulaçã o de meses	CQO (mg/l)	Ano	Mês	Acumulaçã o de meses	CQO (mg/l)
1998	Abr	2	67000	2002	Jan	47	7940
	Jun	4	50000		Fev	48	10900
	Out	8	51600		Mar	49	10600
	Dez	10	30000		Abr	50	9800
1999	Jan	11	20400		Mai	51	10030
	Mar	13	21000		Jun	52	10040
	Mai	15	6100		Jul	53	9530
	Jul	17	19400		Set	55	9050
	Ago	18	6220		Nov	57	8890
	Out	20	12250		Dez	58	8890
	Dez	22	19100		2003	Jan	59
2000	Jan	23	16000			Fev	60
	Fev	24	39837	Mar		61	13000
	Mar	25	19100	Abr		62	5550
	Abr	26	9240	Mai		63	7900
	Mai	27	7700	Jun		64	7390
	Jun	28	7930	Jul		65	5930
	Jul	29	9920	Ago		66	5550
	Ago	30	8520	Set		67	7530
	Set	31	9550	Out		68	7520
	Out	32	7860	Nov		69	7010
	Nov	33	8900	Dez		70	6150
	Dez	34	9940	2004	Jan	71	6370
	2001	Jan	35		9010	Fev	72
Fev		36	8660		Mar	73	5630
Mar		37	8420		Abr	74	5260
Abr		38	7280		Mai	75	5940
Mai		39	9410		Jun	76	5900
Jun		40	9110		Jul	77	6200
Jul		41	9600		Ago	78	7800
Ago		42	10200		Set	79	8560
Set		43	9390		Out	80	7840
Out		44	11400		Nov	81	8500
Nov		45	11500		Dez	82	8610

Quadro 20 (continuação). Concentração de CQO nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	CQO (mg/l)
2005	Jan	83	9480
	Fev	84	12600
	Mar	85	11050
	Abr	86	10700
	Mai	87	12500
	Jun	88	13600
	Jul	89	12000
	Ago	90	15800
	Set	91	12230
	Out	92	14400
	Nov	93	16600
2006	Mar	97	15500
	Abr	98	15500
	Mai	99	18000
	Jun	100	25800
	Jul	101	19900
	Ago	102	21600
	Set	103	23700
	Out	104	19100
	Nov	105	18800
	Dez	106	18200
2007	Jan	107	24000
	Fev	108	23700
	Mar	109	20900
	Abr	110	24300
	Mai	111	25300
	Jun	112	19800
	Jul	113	26200
	Ago	114	11900
	Set	115	11100
	Out	116	26000
	Nov	117	24000
	Dez	118	23000

Quadro 20 (continuação). Concentração de CQO nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	CQO (mg/l)
2008	Jan	119	19000
	Fev	120	11000
	Mar	121	25000
	Abr	122	21000
	Mai	123	19000
	Jun	124	19000
	Jul	125	19000
	Ago	126	16000
	Set	127	8000
	Out	128	15000
	Nov	129	14000
	Dez	130	14000
2009	Jan	131	14000
	Fev	132	12000
	Mar	133	15000
	Abr	134	13700
	Mai	135	13800
	Jun	136	13700
	Out	140	10200
	Nov	141	17300
	Dez	142	18100

Quadro 21. Concentração de CQO nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	CQO (mg/l)
2000	Nov	5	7500
2001	Mar	9	7485
	Jun	12	9120
	Set	15	13600
	Dez	18	4670
2002	Mar	21	5680
	Jun	24	7140
	Nov	29	9500
2003	Jan	31	4850
	Fev	32	4170
	Mar	33	4340
	Abr	34	4560
	Mai	35	6190
	Jun	36	4030
	Jul	37	5300
	Ago	38	5700
	Set	39	7200
	Out	40	7200
	Nov	41	7100
	Dez	42	5800
2004	Jan	43	7500
	Fev	44	9100
	Mar	45	7040
	Abr	46	7760
	Mai	47	7270
	Jun	48	9220
	Jul	49	12600
	Set	51	13200
	Out	52	9200
	Nov	53	8900
	Dez	54	11400
	2005	Jan	55
Fev		56	10800
Mar		57	10700
Abr		58	7800
Mai		59	8900
Jun		60	10000
Jul		61	10900
Ago		62	10900
Set		63	12700
Out		64	16000
Nov		65	12900
Dez	66	11800	

Quadro 21 (continuação). Concentração de CQO nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	CQO (mg/l)	Ano	Mês	Acumulação de meses	CQO (mg/l)
2006	Jan	67	11400	2008	Jan	91	8000
	Fev	68	12000		Fev	92	2000
	Mar	69	10900		Mar	93	8000
	Abr	70	10800		Abr	94	6000
	Mai	71	12100		Mai	95	7000
	Jun	72	11000		Jun	96	8000
	Jul	73	10800		Jul	97	9400
	Ago	74	12100		Ago	98	10100
	Set	75	12600		Set	99	16600
	Out	76	10900		Out	100	11100
	Nov	77	8380		Nov	101	10900
	Dez	78	10100		Dez	102	11400
2007	Jan	79	10300	2009	Jan	103	14900
	Fev	80	6900		Fev	104	10400
	Mar	81	6300		Mar	105	12600
	Abr	82	4900		Abr	106	11400
	Mai	83	7600		Mai	107	11600
	Jun	84	5400		Jun	108	12100
	Jul	85	7500		Jul	109	13100
	Ago	86	9700		Ago	110	13900
	Set	87	7300		Set	111	14300
	Out	88	7200		Out	112	12500
	Nov	89	8200		Nov	113	13900
	Dez	90	8600		Dez	114	11800

Quadro 22. Biodegradabilidade nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	CBO5/CQO
1998	Abr	2	0,012
	Out	8	0,070
	Dez	10	0,037
1999	Jan	11	0,018
	Mai	15	0,230
	Jul	17	0,577
	Ago	18	0,138
	Out	20	1,029
	Dez	22	0,435
2000	Jan	23	0,413
	Mar	25	0,435
	Abr	26	0,238
	Mai	27	0,182
	Jun	28	0,072
	Jul	29	0,045
	Ago	30	0,047
	Set	31	0,057
	Out	32	0,060
	Nov	33	0,035
	Dez	34	0,062
	2001	Jan	35
Fev		36	0,062
Mar		37	0,061
Abr		38	0,074
Mai		39	0,018
Jun		40	0,083
Jul		41	0,046
Ago		42	0,045
Set		43	0,055
Out		44	0,067
Nov		45	0,045

Quadro 22 (continuação). Biodegradabilidade nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	CBO5/CQO
2002	Jan	47	0,048
	Fev	48	0,061
	Mar	49	0,070
	Abr	50	0,047
	Mai	51	0,049
	Jun	52	0,100
	Jul	53	0,105
	Set	55	0,133
	Nov	57	0,135
	Dez	58	0,090
2003	Jan	59	0,045
	Fev	60	0,063
	Mar	61	0,062
	Abr	62	0,288
	Mai	63	0,228
	Jun	64	0,271
	Jul	65	0,169
	Ago	66	0,180
	Set	67	0,133
	Out	68	0,213
	Nov	69	0,114
	Dez	70	0,260
2004	Jan	71	0,251
	Fev	72	0,224
	Mar	73	0,142
	Abr	74	0,190
	Mai	75	0,168
	Jun	76	0,169
	Jul	77	0,161
	Ago	78	0,192
	Set	79	0,187
	Out	80	0,051
	Dez	82	0,256

Quadro 22 (continuação). Biodegradabilidade nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	CBO5/CQO
2005	Jan	83	0,211
	Fev	84	0,040
	Mar	85	0,122
	Abr	86	0,150
	Mai	87	0,080
	Jun	88	0,110
	Jul	89	0,133
	Ago	90	0,127
	Set	91	0,204
	Out	92	0,104
2006	Mai	99	0,072
	Ago	102	0,079
	Nov	105	0,096
2007	Fev	108	0,072
	Mai	111	0,059
	Ago	114	0,143
	Out	116	0,077
	Nov	117	0,083
	Dez	118	0,096
2008	Jan	119	0,108
	Fev	120	0,218
	Mar	121	0,108
	Abr	122	0,152
	Mai	123	0,079
	Jun	124	0,079
	Jul	125	0,121
	Ago	126	0,056
	Set	127	0,113
	Out	128	0,100
	Nov	129	0,050
	Dez	130	0,086

Quadro 22 (continuação). Biodegradabilidade nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	CBO5/CQO
2009	Jan	131	0,065
	Fev	132	0,100
	Mar	133	0,057
	Abr	134	0,066
	Mai	135	0,130
	Jun	136	0,131
	Out	140	0,206
	Nov	141	0,098
	Dez	142	0,119

Quadro 23. Biodegradabilidade nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	CBO5/CQO
2000	Nov	5	0,640
2001	Mar	9	0,154
	Jun	12	0,099
	Set	15	0,059
	Dez	18	0,396
2002	Mar	21	0,123
	Jun	24	0,182
	Nov	29	0,168
2003	Jan	31	0,093
	Fev	32	0,168
	Mar	33	0,150
	Abr	34	0,219
	Mai	35	0,145
	Jun	36	0,174
	Jul	37	0,132
	Ago	38	0,105
	Set	39	0,118
	Out	40	0,139
	Nov	41	0,099
	Dez	42	0,138
2004	Jan	43	0,240
	Fev	44	0,099
	Mai	47	0,083
	Nov	53	0,079
2005	Fev	56	0,106
	Mai	59	0,101
	Ago	62	0,101
	Nov	65	0,078
2006	Fev	68	0,033
	Mai	71	0,116
	Ago	74	0,083
2007	Fev	80	0,116
	Mai	83	0,125
	Ago	86	0,155
	Out	88	0,153
	Nov	89	0,134
	Dez	90	0,122

Quadro 23 (continuação). Biodegradabilidade nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	CBO5/CQO
2008	Jan	91	0,163
	Mar	93	0,163
	Abr	94	0,217
	Mai	95	0,100
	Jun	96	0,125
	Jul	97	0,128
	Ago	98	0,109
	Set	99	0,072
	Out	100	0,072
	Nov	101	0,101
	Dez	102	0,110
	2009	Fev	104
Abr		106	0,123
Mai		107	0,103
Jun		108	0,140
Jul		109	0,099
Ago		110	0,090
Set		111	0,087
Out		112	0,104
Nov		113	0,083
Dez		114	0,119

Quadro 24. Concentração de SST nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	SST (mg/l)
1998	Abr	2	1498
	Jun	4	329
	Ago	6	1588
	Out	8	2335
1999	Jan	11	326
	Mar	13	85
	Mai	15	1400
	Ago	18	696
	Out	20	1576
	Dez	22	644
2000	Jan	23	3020
	Fev	24	2760
	Mar	25	754
	Abr	26	2300
	Mai	27	160
	Jun	28	1310
	Jul	29	650
	Ago	30	435
	Set	31	1160
	Out	32	206
	Nov	33	296
	Dez	34	68
2001	Jan	35	192
	Fev	36	17
	Mar	37	-
	Abr	38	152
	Mai	40	180
	Jul	41	19
	Ago	42	101
	Set	43	204
	Out	44	532
	Nov	45	154
2002	Jan	47	185
	Mar	49	96
	Mai	51	88
	Jul	53	114
	Set	55	88
	Nov	57	273
	Dez	58	144
2003	Mar	61	159
	Mai	63	180
	Nov	69	312
2004	Fev	72	180
	Ago	78	416
2005	Ago	90	280
2007	Out	116	163
	Nov	117	379
	Dez	118	443

Quadro 24 (continuação). Concentração de SST nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	SST (mg/l)
2008	Jan	119	338
	Fev	120	689
	Mar	121	215
	Abr	122	147
	Mai	123	282
	Jun	124	270
	Jul	125	214
	Ago	126	472
	Set	127	964
	Out	128	261
	Nov	129	906
	Dez	130	823
2009	Jan	131	950
	Fev	132	806
	Mar	133	825
	Abr	134	918
	Mai	135	2500
	Jun	136	836
	Out	140	1100
	Nov	141	2400
	Dez	142	1600

Quadro 25. Concentração de SST nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	SST (mg/l)
2000	Nov	5	471
2001	Mar	9	139
	Jun	12	387
	Set	15	390
	Dez	18	326
2002	Mar	21	209
	Jun	24	134
	Nov	29	228
2003	Jan	31	109
	Abr	34	199
	Ago	38	197
	Nov	41	163
2004	Fev	44	199
2007	Jul	61	1,8
	Set	63	1,9
	Out	64	91
	Nov	65	156
	Dez	66	168
2008	Jan	91	173
	Fev	92	168
	Mar	93	129
	Abr	94	300
	Mai	95	174
	Jun	96	217
	Jul	97	168
	Ago	98	259
	Set	99	159
	Out	100	209
	Nov	101	494
	Dez	102	312
2009	Fev	104	496
	Mar	105	466
	Abr	106	436
	Jul	109	618
	Ago	110	690
	Set	111	728
	Out	112	678
	Nov	113	722
Dez	114	572	

Quadro 26. Concentração de azoto total nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Azoto total (mg/l)
1998	Abr	2	1385
	Jun	4	12
	Ago	6	1230
	Out	8	4140
	Dez	10	1100
1999	Jan	11	1500
	Mar	13	3742
	Mai	15	3377
	Jul	17	2797
	Ago	18	4033
	Out	20	4282
	Dez	22	4785
2000	Jan	23	4509
	Fev	24	4473
	Abr	26	3749
	Mai	27	3806
	Jun	28	4070
	Jul	29	3959
	Ago	30	4253
	Set	31	4311
	Out	32	4336
	Nov	33	4380
	Dez	34	4623
	2001	Jan	35
Fev		36	4479
Mar		37	4220
Abr		38	3806
Mai		39	4174
Jun		40	4602
Jul		41	4811
Ago		42	4942
Set		43	5022
Out		44	5096
Nov		45	5187

Quadro 26 (continuação). Concentração de azoto total nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Azoto total (mg/l)
2002	Jan	47	4729
	Mar	49	5274
	Mai	51	-
	Jul	53	7236
	Set	55	4657
	Nov	57	3967
	Dez	58	4795
2003	Nov	69	2846
2004	Mai	75	3114
	Nov	81	3742
2005	Abr	86	4668
	Nov	93	4888
2006	Mai	99	2600
	Ago	102	2600
	Nov	105	3100
2008	Fev	120	3200
	Ago	126	5000
2009	Fev	132	6700
	Mai	135	3900
	Nov	141	6000

Quadro 27. Concentração de azoto total nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Azoto total (mg/l)
2000	Nov	5	479
2001	Mar	9	460
	Jun	12	815
	Set	15	3190
	Dez	18	2033
2002	Mar	21	2533
	Jun	24	5354
	Nov	29	4095
2003	Ago	38	2100
	Nov	41	2700
2004	Ago	50	4000
2005	Mai	59	2200
	Ago	62	2200
	Nov	65	3100
2006	Mai	71	2100
	Nov	77	2500
2007	Nov	89	1553
2008	Fev	92	2000
	Mai	95	1400
	Ago	98	3000
	Nov	101	6000
2009	Fev	104	7000
	Mai	107	2700
	Nov	113	3100

Quadro 28. Concentração de amónia nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Amónia (mg/l)
1998	Abr	2	506
	Jun	4	1250
	Ago	6	3872
	Out	8	4325
	Dez	10	1037
1999	Jan	11	464
	Mar	13	3429
	Mai	15	4850
	Jul	17	3736
	Ago	18	3612
	Out	20	3907
	Dez	22	4675
2000	Jan	23	4252
	Fev	24	4456
	Mar	25	3919
	Abr	26	3425
	Mai	27	3429
	Jun	28	3652
	Jul	29	3595
	Ago	30	3895
	Set	31	3842
	Out	32	3945
	Nov	33	4007
	Dez	34	4304
2001	Jan	35	4157
	Fev	36	3725
	Mar	37	3886
	Abr	38	2797
	Mai	39	3346
	Jun	40	4173
	Jul	41	2190
	Ago	42	4531
	Set	43	4065
	Out	44	4795
	Nov	45	4777

Quadro 28 (continuação). Concentração de amónia nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Amónia (mg/l)
2002	Jan	47	4473
	Fev	48	4916
	Mar	49	4876
	Abr	50	4900
	Jun	52	3851
	Jul	53	4633
	Set	55	4567
	Nov	57	214
	Dez	58	4626
2003	Jan	59	4300
	Fev	60	503
	Mar	61	4079
	Abr	62	1505
	Mai	63	379
	Jun	64	1950
	Jul	65	445
	Ago	66	2342
	Set	67	3079
	Out	68	3094
	Nov	69	2582
	Dez	70	1941

Quadro 28 (continuação). Concentração de amónia nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Amónia (mg/l)	Ano	Mês	Acumulação de meses	Amónia (mg/l)
2004	Jan	71	2470	2007	Jan	107	7500
	Fev	72	2521		Fev	108	6600
	Mar	73	2740		Mar	109	7900
	Abr	74	2806		Abr	110	5200
	Mai	75	2083		Mai	111	5900
	Jun	76	3076		Jun	112	4600
	Jul	77	2858		Jul	113	7600
	Ago	78	2808		Ago	114	4500
	Set	79	2930		Set	115	7200
	Out	80	3159		Out	116	5800
	Nov	81	3243		Nov	117	7200
	Dez	82	3736		Dez	118	7100
2005	Jan	83	3517,7	2008	Jan	119	3900
	Fev	84	1734,1		Fev	120	3800
	Abr	86	3892		Mar	121	6600
	Mai	87	3867		Abr	122	4300
	Jun	88	4086		Jun	124	6300
	Jul	89	3887		Jul	125	5500
	Ago	90	8903		Ago	126	5900
	Set	91	4606		Set	127	6000
	Out	92	4092		Out	128	4900
	Nov	93	3900		Nov	129	3700
2006	Mar	97	6000	Dez	130	5100	
	Abr	98	6400	2009	Jan	131	4400
	Mai	99	5200		Fev	132	6700
	Jun	100	4800		Mar	133	2900
	Jul	101	7100		Abr	134	3100
	Ago	102	5200		Mai	135	5000
	Set	103	6800		Jun	136	7700
	Out	104	7600		Out	140	5900
	Nov	105	7100		Nov	141	5300
	Dez	106	5600		Dez	142	5800

Quadro 29. Concentração de amónia nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração

Ano	Mês	Acumulação de meses	Amónia (mg/l)
2000	Nov	5	179
2001	Mar	9	764
	Jun	12	747
	Set	15	3988
	Dez	18	2618
2002	Mar	21	1975
	Jun	24	3792
	Nov	29	4147
2003	Jan	31	1998
	Fev	32	1893
	Mar	33	2505
	Abr	34	2100
	Mai	35	2282
	Jun	36	2215
	Jul	37	2289
	Ago	38	2600
	Set	39	3027
	Out	40	2900
	Nov	41	3500
	Dez	42	3100
2004	Jan	43	3300
	Fev	44	4300
	Mar	45	3600
	Abr	46	4700
	Mai	47	4000
	Jun	48	4200
	Jul	49	2900
	Ago	50	4500
	Set	51	4500
	Out	52	3700
	Nov	53	3600
	Dez	54	5200
2005	Jan	55	5300
	Fev	56	6200
	Mar	57	5300
	Abr	58	2700
	Mai	59	2300
	Jun	60	1800
	Jul	61	3900
	Ago	62	3600
	Set	63	4100
	Out	64	2900
	Nov	65	4500
	Dez	66	4500

Quadro 29 (continuação). Concentração de amónia nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Amónia (mg/l)	Ano	Mês	Acumulação de meses	Amónia (mg/l)
2006	Jan	67	5000	2008	Jan	91	1800
	Fev	68	4300		Fev	92	1600
	Mar	69	3900		Mar	93	2200
	Abr	70	3600		Abr	94	1600
	Mai	71	2100		Mai	95	1700
	Jun	72	3300		Jun	96	4500
	Jul	73	3300		Jul	97	2400
	Ago	74	3600		Ago	98	3200
	Set	75	3400		Set	99	5600
	Out	76	4100		Out	100	4000
	Nov	77	2100		Nov	101	6800
	Dez	78	2700		Dez	102	5100
2007	Jan	79	3400	2009	Jan	103	4900
	Fev	80	2200		Fev	104	6800
	Mar	81	1900		Mar	105	2200
	Abr	82	1700		Abr	106	2900
	Mai	83	1800		Mai	107	3400
	Jun	84	1700		Jun	108	3500
	Jul				Jul	109	3300
	Ago	86	2400		Ago	110	6100
	Set				Set	111	6700
	Out	88	3100		Out	112	4000
	Nov	89	2000		Nov	113	4000
	Dez	90	2500		Dez	114	3200

Quadro 30. Concentração de fósforo total nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Fósforo total (mg/l)
1998	Jun	4	9,76
	Ago	6	54,27
	Out	8	16,73
	Dez	10	<0,05
1999	Jan	11	0,72
	Mar	13	11,00
	Mai	15	20,00
	Jul	17	20,00
	Ago	18	31,00
	Out	20	30,00
	Dez	22	14,00
2000	Jan	23	27,00
	Fev	24	19,00
	Mar	25	34,00
	Abr	26	30,00
	Mai	27	35,00
	Jun	28	46,00
	Ago	30	54,00
	Set	31	58,00
	Out	32	52,00
	Nov	33	56,00
2001	Dez	34	49,00
	Jan	35	96,00
	Fev	36	63,00
	Mar	37	50,00
	Abr	38	40,00
	Mai	39	55,00
	Jun	40	63,00
	Jul	41	68,00
	Ago	42	57,00
	Set	43	79,00
	Out	44	79,00
	Nov	45	85,00
	Jan	47	30,00
2002	Mar	49	79,00
	Mai	51	58,50
	Jul	53	60,00
	Set	55	77,00
	Nov	57	76,00
	Dez	58	45,00
	Nov	117	28,00
2007	Fev	120	21,00
2008	Mai	123	29,00
	Ago	126	52,00
	Nov	129	4,40
	Fev	132	21,70
2009	Mai	135	20,20
	Nov	141	23,00

Quadro 31. pH nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulaçã o de meses	pH	Ano	Mês	Acumulaçã o de meses	pH
1998	Jan	-	-	2001	Jan	35	8,3
	Fev	0	-		Fev	36	8,2
	Mar	1	-		Mar	37	8,3
	Abr	2	6,02		Abr	38	8,2
	Mai	3	-		Mai	39	7,9
	Jun	4	6,8		Jun	40	8,2
	Jul	5	-		Jul	41	8,5
	Ago	6	7,2		Ago	42	8,3
	Set	7	-		Set	43	8,1
	Out	8	7,1		Out	44	8,3
	Nov	9	-		Nov	45	8,4
	Dez	10	6,4		Dez	46	8,4
1999	Jan	11	7,8	2002	Jan	47	8
	Fev	12			Fev	48	8,4
	Mar	13	7,4		Mar	49	8,3
	Abr	14	-		Abr	50	8,3
	Mai	15	7,9		Mai	51	8,2
	Jun	16	-		Jun	52	8,4
	Jul	17	7,9		Jul	53	8,0
	Ago	18	8		Ago	54	8,3
	Set	19	-		Set	55	8,2
	Out	20	7,9		Out	56	8,3
	Nov	21	-		Nov	57	8,2
	Dez	22	8,6		Dez	58	8,3
2000	Jan	23	-	2003	Jan	59	8,0
	Fev	24	7,7		Fev	60	8,0
	Mar	25	8		Mar	61	8,0
	Abr	26	7,7		Abr	62	8,0
	Mai	27	8,2		Mai	63	8,0
	Jun	28	8		Jun	64	8,2
	Jul	29	8		Jul	65	8,2
	Ago	30	8,1		Ago	66	8,1
	Set	31	8,2		Set	67	8,0
	Out	32	8,2		Out	68	8,2
	Nov	33	8,2		Nov	69	8,4
	Dez	34	8,3		Dez	70	8,2

Quadro 31 (continuação). pH nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	pH	Ano	Mês	Acumulação de meses	pH
2004	Jan	71	8,0	2007	Jan	107	8,2
	Fev	72	8,1		Fev	108	8,3
	Mar	73	8,0		Mar	109	8,3
	Abr	74	8,1		Abr	110	8,3
	Mai	75	8,0		Mai	111	8,2
	Jun	76	8,1		Jun	112	8,2
	Jul	77	8,6		Jul	113	8,3
	Ago	78	8,2		Ago	114	8,3
	Set	79	8,1		Set	115	8,3
	Out	80	8,3		Out	116	8,2
	Nov	81	8,2		Nov	117	8,3
	Dez	82	8,04		Dez	118	8,3
2005	Jan	83	8,2	2008	Jan	119	8,2
	Fev	84	8,2		Fev	120	8,4
	Mar	85	8,3		Mar	121	8,2
	Abr	86	7,9		Abr	122	8,2
	Mai	87	8,1		Mai	123	8,2
	Jun	88	8,13		Jun	124	8,4
	Jul	89	8,3		Jul	125	8,2
	Ago	90	8,4		Ago	126	8,5
	Dez	94	8,2		Set	127	8,5
2006	Jan	95	-	Out	128	8,6	
	Fev	96	-	Nov	129	8,6	
	Mar	97	8,2	Dez	130	8,5	
	Abr	98	8,2	2009	Jan	131	8,5
	Mai	99	8,2		Fev	132	8,5
	Jun	100	8,2		Mar	133	8,5
	Jul	101	8,2		Abr	134	8,6
	Ago	102	8,1		Mai	135	8,5
	Set	103	8,1		Jun	136	8,7
	Out	104	8,1		Out	140	8,7
	Nov	105	8,0		Nov	141	8,6
	Dez	106	8,0		Dez	142	8,7

Quadro 32. pH nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	pH
2000	Nov	5	7,3
2001	Mar	9	7,7
	Jun	12	6,6
	Set	15	8,3
	Dez	18	8,2
2002	Mar	21	7,6
	Jun	24	8,1
	Nov	29	8,0
2003	Jan	31	8,2
	Fev	32	8,0
	Mar	33	8,0
	Abr	34	8,3
	Mai	35	8,1
	Jun	36	8,0
	Jul	37	8,2
	Ago	38	8,2
	Set	39	8,3
	Out	40	8,2
	Nov	41	8,4
	Dez	42	8,2
2004	Jan	43	8,1
	Fev	44	8,2
	Mar	45	8,2
	Abr	46	8,2
	Mai	47	8,1
	Jun	48	8,2
	Jul	49	8,2
	Ago	50	8,0
	Set	51	8,3
	Out	52	8,4
	Nov	53	8,2
	Dez	54	8,0

Quadro 32 (continuação). pH nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	pH
2005	Jan	55	8,1
	Fev	56	8,1
	Mar	57	8,1
	Abr	58	8,5
	Mai	59	8,4
	Jun	60	8,3
	Jul	61	8,4
	Ago	62	8,2
	Set	63	8,5
	Out	64	8,0
	Nov	65	8,2
	Dez	66	8,2
2006	Jan	67	8,3
	Fev	68	8,3
	Mar	69	8,0
	Abr	70	8,4
	Mai	71	8,4
	Jun	72	8,4
	Jul	73	8,4
	Ago	74	8,4
	Set	75	8,4
	Out	76	8,4
	Nov	77	8,3
	Dez	78	8,2
2007	Jan	79	8,3
	Fev	80	8,2
	Mar	81	8,1
	Abr	82	7,8
	Mai	83	8,3
	Jun	84	8,3
	Jul	85	8,1
	Ago	86	8,0
	Set	87	8,1
	Out	88	8,2
	Nov	89	8,3
	Dez	90	8,2

Quadro 32 (continuação). pH nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	pH
2008	Jan	91	8,2
	Fev	92	7,9
	Mar	93	8,1
	Abr	94	8,1
	Mai	95	8,2
	Jun	96	8,1
	Jul	97	8,1
	Ago	98	8,1
	Set	99	8,1
	Out	100	8,1
	Nov	101	8,1
	Dez	102	7,9
2009	Jan	103	7,9
	Fev	104	7,9
	Mar	105	8,0
	Abr	106	7,9
	Mai	107	7,9
	Jun	108	8,1
	Jul	109	8,1
	Ago	110	8,0
	Set	111	8,1
	Out	112	8,2
	Nov	113	8,1
	Dez	114	8,1

Quadro 33. Condutividade nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Cond (mS/cm)
1998	Jun	4	8,54
	Ago	6	48,40
	Out	8	52,90
	Dez	10	52,80
1999	Jan	11	50,00
	Mar	13	31,77
	Mai	15	29,29
	Jul	17	34,39
	Ago	18	24,08
	Out	20	33,99
	Dez	22	26,11
2000	Fev	24	31,85
	Mar	25	31,05
	Abr	26	31,53
	Mai	27	32,92
	Jun	28	32,55
	Ago	30	34,69
	Set	31	34,42
	Out	32	30,25
	Nov	33	45,32
	Dez	34	36,20
2001	Jan	35	31,16
	Fev	36	30,87
	Mar	37	37,00
	Abr	38	30,60
	Mai	39	28,40
	Jun	40	37,60
	Jul	41	36,70
	Ago	42	36,80
	Set	43	37,10
	Out	44	36,50
2002	Jan	47	16,60
	Fev	48	38,00
	Mar	49	38,40
	Abr	50	38,70
	Mai	51	36,50
	Jun	52	32,60

Quadro 33 (continuação). Condutividade nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração

Ano	Mês	Acumulação de meses	Cond (mS/cm)
2003	Jan	59	37,40
	Fev	60	18,20
	Mar	62	25,40
	Abr	63	29,53
	Mai	64	28,60
	Jun	65	39,70
	Ago	66	28,20
	Set	67	28,00
	Out	68	31,31
	Nov	69	40,70
	Dez	70	24,20
2004	Jan	71	31,16
	Fev	72	31,32
	Mar	73	31,00
	Abr	74	34,76
	Mai	75	41,58
	Jun	76	40,60
	Jul	77	40,70
	Ago	78	43,24
	Set	79	43,60
	Out	80	50,00
	Nov	81	41,62
	Dez	82	36,80
2005	Jan	83	40,00
	Fev	84	35,60
	Mar	85	41,60
	Mai	87	33,10
	Jul	89	43,73
	Ago	90	45,85
	Set	91	41,80
	Out	92	50,58
Nov	93	49,32	

Quadro 33 (continuação). Condutividade nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração .

Ano	Mês	Acumulação de meses	Cond (mS/cm)
2006	Mar	97	44,00
	Abr	98	47,80
	Mai	99	50,30
	Jun	100	51,50
	Jul	101	49,10
	Ago	102	52,80
	Set	103	53,10
	Out	104	51,30
	Nov	105	45,00
	Dez	106	44,80
2007	Jan	107	54,20
	Fev	108	52,90
	Mar	109	50,20
	Abr	110	51,10
	Mai	111	55,60
	Jun	112	45,10
	Jul	113	52,80
	Ago	114	36,40
	Set	115	36,50
	Out	116	57,10
	Nov	117	57,10
	Dez	118	54,90
2008	Jan	119	45,00
	Fev	120	52,00
	Mar	121	56,00
	Abr	122	50,00
	Mai	123	45,00
	Jun	124	44,00
	Jul	125	45,00
	Ago	126	45,00
	Set	127	43,00
	Out	128	39,00
	Nov	129	39,00
	Dez	130	39,00

Quadro 33 (continuação). Condutividade nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Cond (mS/cm)
2009	Jan	131	39,30
	Fev	132	35,90
	Mar	133	35,90
	Abr	134	36,70
	Mai	135	38,10
	Jun	136	40,20
	Out	140	45,90
	Nov	141	44,10
	Dez	142	42,10

Quadro 34. Condutividade nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Cond (mS/cm)
2000	Nov	5	9,80
2001	Mar	9	13,30
	Jun	12	24,50
	Set	15	37,80
	Dez	18	53,90
2002	Mar	21	21,70
	Jun	24	34,60
	Nov	29	39,30
2003	Jan	31	23,8
	Fev	32	23,10
	Mar	33	23,90
	Abr	34	25,30
	Mai	35	21,00
	Jun	36	24,80
	Jul	37	26,60
	Ago	38	29,80
	Set	39	33,70
	Out	40	35,30
	Nov	41	35,20
	Dez	42	30,70
2004	Jan	43	31,70
	Fev	44	41,30
	Mar	45	35,00
	Abr	46	34,70
	Mai	47	35,90
	Jun	48	36,20
	Jul	49	41,50
	Ago	50	43,70
	Set	51	46,20
	Out	52	38,90
	Nov	53	38,30
	Dez	54	45,80
2005	Jan	55	34,60
	Fev	56	45,20
	Mar	57	46,70
	Abr	58	34,60
	Mai	59	40,70
	Jun	60	41,70
	Jul	61	43,40
	Ago	62	46,60
	Set	63	47,70
	Out	64	58,30
	Nov	65	49,70
	Dez	66	44,10

Quadro 34 (continuação). Condutividade nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Cond (mS/cm)	Ano	Mês	Acumulação de meses	Cond (mS/cm)
2006	Jan	67	42,80	2008	Jan	91	24,00
	Fev	68	40,50		Fev	92	24,00
	Mar	69	32,10		Mar	93	23,00
	Abr	70	36,60		Abr	94	22,00
	Mai	71	36,40		Mai	95	23,00
	Jun	72	35,80		Jun	96	25,00
	Jul	73	36,00		Jul	97	27,70
	Ago	74	37,70		Ago	98	29,80
	Set	75	38,70		Set	99	45,90
	Out	76	39,90		Out	100	32,90
	Nov	77	33,60		Nov	101	32,10
	Dez	78	30,30		Dez	102	33,90
2007	Jan	79	30,30	2009	Jan	103	48,40
	Fev	80	22,30		Fev	104	36,10
	Mar	81	20,60		Mar	105	36,30
	Abr	82	18,90		Abr	106	37,80
	Mai	83	23,40		Mai	107	37,90
	Jun	84	24,60		Jun	108	41,60
	Jul	85	22,70		Jul	109	42,30
	Ago	86	60,80		Ago	110	43,80
	Set	87	24,00		Set	111	48,30
	Out	88	23,60		Out	112	45,40
	Nov	89	25,00		Nov	113	44,20
	Dez	90	27,00		Dez	114	41,40

Quadro 35. Concentração de cálcio nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração

Ano	Mês	Acumulação de meses	Cálcio (mg/l)
2003	Nov	69	177,30
2004	Mai	75	102,80
	Nov	81	24,30
2005	Abr	86	12,00
	Nov	93	35,00
2006	Mai	99	47,00
	Nov	105	32,00
2007	Nov	117	50,00
2008	Mai	123	44,00
	Nov	129	45,80
2009	Mai	135	38,00
	Nov	141	133,00

Quadro 36. Concentração de cálcio nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Cálcio (mg/l)
2000	Nov	5	2200,00
2001	Mar	9	978,00
	Jun	12	780,00
2002	Abr	22	135,60
	Jun	24	520,00
	Out	28	520,00
2003	Nov	41	344,00
2004	Ago	50	47,00
	Nov	53	73,00
2005	Mai	59	78,00
	Nov	65	43,00
2006	Mai	71	54,00
	Nov	77	44,00
2007	Mai	83	85,00
	Nov	89	68,00
2008	Mai	95	81,00
	Nov	101	113,00
2009	Mai	107	121,00
	Nov	113	158,00

Quadro 37. Concentração de magnésio nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração

Ano	Mês	Acumulação de meses	Magnésio (mg/l)
2004	Mai	75	127,40
	Nov	81	18,30
2005	Abr	86	38,20
	Nov	93	45,00
2006	Mai	99	68,00
	Nov	105	38,00
2007	Mai	111	68,00
	Nov	117	62,00
2008	Mai	123	63,00
	Nov	129	58,70
2009	Mai	135	
	Nov	141	41,0

Quadro 38. Concentração de magnésio nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração

Ano	Mês	Acumulação de meses	Magnésio (mg/l)
2000	Nov	5	790,00
2001	Mar	9	430,00
	Jun	12	428,00
	Set	15	141,00
	Dez	18	243,00
2002	Mar	21	140,20
	Jun	24	167,00
	Nov	29	134,10
2004	Ago	50	100,00
	Nov	53	188,00
2005	Mai	59	190,00
	Nov	65	122,00
2006	Mai	71	11,00
	Nov	77	92,00
2007	Mai	83	100,00
	Nov	89	86,00
2008	Mai	95	98,00
	Nov	101	121,00
2009	Nov	113	245,00

Quadro 39. Concentração de potássio nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração

Ano	Mês	Acumulação de meses	Potássio (mg/l)
2003	Jun	64	567
	Nov	69	2897,5
2004	Fev	72	2111
	Mai	75	2335
	Ago	78	3562,5
	Nov	81	3926
2005	Fev	84	2860
	Abr	86	3199
	Ago	90	4165
	Nov	93	3485
2006	Mai	99	3700
	Ago	102	3200
	Nov	105	2800
2007	Fev	108	3600
	Mai	111	4100
	Ago	114	5700
	Nov	117	3400
2008	Fev	120	4600
	Mai	123	4100
	Ago	126	3600
	Nov	129	3396
2009	Fev	132	3200
	Mai	135	3900
	Nov	141	3800

Quadro 40. Concentração de potássio nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Potássio (mg/l)
2004	Fev	44	1800
	Mai	47	2800
	Ago	50	3400
	Nov	53	3100
2005	Fev	56	3200
	Mai	59	3900
	Ago	62	3600
	Nov	65	3700
2006	Fev	68	2700
	Mai	71	2500
	Ago	74	2500
	Nov	77	1800
2007	Fev	80	1380
	Mai	83	1610
	Ago	86	2240
	Nov	89	1300
2008	Fev	92	1800
	Mai	95	2400
	Ago	98	2600
	Nov	101	2792
2009	Fev	104	2626
	Mai	107	3200
	Ago	110	3200
	Nov	113	3900

Quadro 41. Concentração de sódio nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Sódio (mg/l)
2003	Nov	69	6375
2004	Mai	75	4542
	Nov	81	94,5
2005	Abr	86	5117
	Nov	93	5620
2006	Mai	99	5800
	Nov	105	4200
2007	Mai	111	7600
	Nov	117	6600
2008	Mai	123	2700
	Nov	129	4536
2009	Mai	135	5200
	Nov	141	8000

Quadro 42. Concentração de sódio nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Sódio (mg/l)
2004	Ago	50	6000
	Nov	53	5200
2005	Mai	59	2113
	Nov	65	2400
2006	Mai	71	4500
	Nov	77	3500
2007	Mai	83	2400
	Nov	89	2616
2008	Mai	95	5700
	Nov	101	3857
2009	Mai	107	5600
	Nov	113	7100

Quadro 43. Concentração de cloretos nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Cloretos (mg/l)
2003	Jan	59	7000
	Fev	60	3899
	Mar	61	6209
	Abr	62	4200
	Mai	63	3188
	Jun	64	4656
	Jul	65	3795
	Ago	66	4169
	Set	67	4523
	Out	68	5021
	Nov	69	3932
	Dez	70	2879
2004	Jan	71	5058
	Fev	72	4426
	Mar	73	4882
	Abr	74	6148
	Mai	75	6602
	Jun	76	7072
	Jul	77	7992
	Ago	78	7856
	Set	79	7734
	Out	80	10983
	Nov	81	7911
	Dez	82	7587
2005	Jan	83	8328
	Fev	84	9457
	Mar	85	7582
	Mai	87	8246
	Jun	88	8436
	Jul	89	8577
	Ago	90	11070
	Set	91	8929
	Out	92	8662
	Nov	93	8874

Quadro 43 (continuação). Concentração de cloretos nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Cloretos (mg/l)
2006	Mar	97	8200
	Abr	98	6400
	Jun	100	10200
	Jul	101	9600
	Ago	102	11000
	Set	103	11000
	Out	104	11000
	Nov	105	9500
	Dez	106	9300
2007	Jan	107	11200
	Fev	108	11000
	Mar	109	10200
	Abr	110	9700
	Mai	111	11100
	Jun	112	9100
	Jul	113	10500
	Out	116	12600
	Nov	117	12300
	Dez	118	12900
2008	Abr	122	9000
	Mai	123	9000
	Jun	124	9000
	Jul	125	9000
	Ago	126	9000
	Set	127	9000
	Out	128	9000
	Dez	130	8000
2009	Jan	131	7600
	Fev	132	7600
	Mar	133	7500
	Abr	134	7300
	Mai	135	7900
	Jun	136	8000
	Out	140	10300
	Nov	141	10000
	Dez	142	9400

Quadro 44. Concentração de cloretos nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Cloretos (mg/l)
2000	Nov	5	2849
2001	Mar	9	1799
	Jun	12	3799
	Set	15	6698
	Dez	18	9597
2002	Mar	21	3808
	Nov	29	7066
2003	Jan	31	4260
	Fev	32	4242
	Mar	33	3458
	Abr	34	4600
	Mai	35	4235
	Jun	36	4635
	Jul	37	5050
	Ago	38	6000
	Set	39	6823
	Out	40	7400
	Nov	41	7000
	Dez	42	6000
2004	Jan	43	3300
	Fev	44	8300
	Mar	45	7100
	Abr	46	7200
	Mai	47	7400
	Jun	48	7400
	Jul	49	9200
	Ago	50	9000
	Set	51	9900
	Out	52	7900
	Nov	53	8800
Dez	54	9100	
2005	Jan	55	7980
	Fev	56	9600
	Mar	57	9500
	Abr	58	7640
	Mai	59	9400
	Jun	60	9400
	Jul	61	10200
	Ago	62	10800
	Set	63	11800
	Out	64	13400
Nov	65	11900	
Dez	66	10500	

Quadro 44 (continuação). Concentração de cloretos nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Cloretos (mg/l)	Ano	Mês	Acumulação de meses	Cloretos (mg/l)
2006	Jan	67	9520	2008	Jan	91	5000
	Fev	68	9100		Fev	92	5000
	Mar	69	6000		Mar	93	5000
	Abr	70	8190		Abr	94	4000
	Mai	71	8900		Mai	95	5000
	Jun	72	8100		Jun	96	5000
	Jul	73	10700		Jul	97	5700
	Ago	74	8800		Ago	98	6300
	Set	75	9100		Set	99	9700
	Out	76	9300		Out	100	7200
	Nov	77	7700		Nov	101	7000
	Dez	78	6800		Dez	102	7400
2007	Jan	79	6700	2009	Jan	103	10100
	Fev	80	4700		Fev	104	7200
	Mar	81	4200		Mar	105	8100
	Abr	82	3500		Abr	106	7600
	Mai	83	4600		Mai	107	7700
	Jun	84	8000		Jun	108	8600
	Jul	85	4900		Jul	109	9200
	Ago	86	6000		Ago	110	10000
	Set	87	5400		Set	111	11500
	Out	88	5000		Out	112	10000
	Nov	89	5600		Nov	113	9900
	Dez	90	6300		Dez	114	9600

Quadro 45. Concentração de sulfatos nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Sulfatos (mg/l)
1998	Ago	6	4045
	Out	8	2099
1999	Ago	18	81
	Out	20	36
	Dez	22	171
1999	Jan	23	67
	Fev	24	395
	Mar	25	140
	Abr	26	90
	Ago	30	86
	Set	31	132
	Out	32	122
	Nov	33	8
	Dez	34	124
2000	Jan	23	67
	Fev	24	395
	Mar	25	140
	Abr	26	90
	Ago	30	86
	Set	31	132
	Out	32	122
	Nov	33	8
	Dez	34	124
2001	Jan	35	90
	Fev	36	170
	Mar	37	105
	Abr	38	78
	Jun	40	84
	Jul	41	104
	Ago	42	123
	Set	43	137
	Out	44	133
	Nov	45	152

Quadro 45 (continuação). Concentração de sulfatos nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Sulfatos (mg/l)
2002	Jan	47	95
	Mar	49	103
	Mai	51	104
	Jul	53	245
	Set	55	140
	Nov	57	273
	Dez	58	115
2003	Nov	69	354
2004	Mai	75	888
	Nov	81	210
2005	Abr	86	388
	Nov	93	799
2006	Mai	99	151
	Nov	105	145
2007	Mai	111	9,3
	Nov	117	5
2008	Mai	123	1017
	Nov	129	91
2009	Mai	135	770
	Nov	141	1530

Quadro 46. Concentração de sulfatos nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Sulfatos (mg/l)
2000	Nov	5	506
2001	Mar	9	285
	Jun	12	7254
	Set	15	1195
	Dez	18	12090
2002	Mar	21	3311
	Jun	24	74,4
	Nov	29	2059
2003	Ago	38	1670
	Nov	41	3400
2004	Ago	50	26
	Nov	53	1900
2005	Mai	59	2100
	Nov	65	2400
2006	Mai	71	664
	Nov	77	798
2007	Mai	83	652
	Nov	89	243
2008	Mai	95	642
	Nov	101	2093
2009	Mai	107	7200
	Nov	113	22200

Quadro 47. Concentração de ferro nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Ferro (mg/l)
1998	Abr	2	61,7
	Jun	4	24,9
	Ago	6	155,0
	Out	8	83,0
	Dez	10	49,7
1999	Jan	11	11,6
	Mar	13	25,4
	Mai	15	27,0
	Ago	18	5,2
	Out	20	7,8
	Dez	22	3,7
2000	Jan	23	11,5
	Fev	24	7,8
	Abr	26	7,8
	Mai	27	6,8
	Jun	28	6,5
	Jul	29	5,83
	Ago	30	7,6
	Set	31	9,3
	Out	32	8,8
	Nov	33	8,4
	Dez	34	7,6
	2001	Jan	35
Fev		36	8
Mar		37	7,9
Abr		38	6,2
Mai		39	6,8
Jun		40	3,7
Jul		41	8,4
Ago		42	6,5
Set		43	5,9
Out		44	6,9
Nov		45	5,75

Quadro 47 (continuação). Concentração de ferro nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Ferro (mg/l)
2002	Jan	47	22,75
	Mar	49	24,80
	Mai	51	9,04
	Jul	53	7,30
	Nov	57	5,20
2003	Nov	69	6,00
2004	Mai	75	5,80
	Nov	81	<0,5
2005	Abr	86	0,60
	Nov	93	<0,5
2006	Mai	99	6,90
	Nov	105	11,10
2007	Mai	111	14,50
	Nov	117	13,50
2008	Mai	123	13,10
	Nov	129	12,30
2009	Mai	135	<0,05
	Nov	141	24,40

Quadro 48. Concentração de ferro nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Ferro (mg/l)
2001	Set	15	6,63
	Dez	18	8,88
2002	Mar	21	5,76
	Jun	24	2,46
	Nov	29	8,97
2003	Ago	38	7,00
	Nov	41	6,00
2004	Ago	50	1,10
	Nov	53	7,10
2005	Mai	59	7,40
	Nov	65	5,00
2006	Mai	71	4,80
	Nov	77	20,20
2007	Mai	83	9,19
	Nov	89	12,20
2008	Mai	95	13,40
	Nov	101	16,50
2009	Mai	107	10,20
	Nov	113	17,90

Quadro 49. Concentração de arsénio nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Arsénio (mg/l)	Ano	Mês	Acumulação de meses	Arsénio (mg/l)	
1998	Abr	2	0,017	2002	Jan	47	<0,05	
	Jun	4	0,003		Mar	49	0,200	
	Ago	6	0,016		Mai	51	<0,05	
	Out	8	0,093		Jul	53	<0,005	
	Dez	10	0,011		Set	55	0,034	
1999	Jan	11	0,012		Nov	57	0,016	
	Mar	13	<0,05		Dez	58	0,024	
	Mai	15	<0,05		2003	Mar	61	0,022
	Ago	18	<0,05			Jun	64	0,007
	Out	20	<0,05			Nov	69	0,017
	Dez	22	<0,05	2004	Fev	72	0,018	
2000	Jan	23	<0,05		Mai	75	0,058	
	Fev	24	<0,05		Ago	78	<0,005	
	Mar	25	<0,05		Nov	81	0,012	
	Mai	27	<0,05	2005	Fev	84	<0,005	
	Jun	28	<0,05		Abr	86	<0,01	
	Jul	29	<0,05		Ago	90	<0,01	
	Ago	30	0,040		Nov	93	<0,01	
	Set	31	0,040	2006	Ago	102	0,180	
	Out	32	0,040		Nov	105	0,120	
	Nov	33	<0,02	2007	Fev	108	0,097	
	Dez	34	0,044		Mai	111	0,097	
	2001	Jan	35		<0,05	Ago	114	0,065
Fev		36	<0,05		Nov	117	0,061	
Mar		37	<0,05		Fev	120	0,072	
Mai		39	<0,05	2008	Mai	123	0,091	
Jun		40	<2		Ago	126	0,004	
Jul		41	<2		Nov	129	0,14	
Ago		42	<2		Fev	132	0,0008	
Out		44	<2	2009	Mai	135	<0,0005	
Nov		45	<2		Nov	141	0,074	

Quadro 50. Concentração de arsénio nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Arsénio (mg/l)
2000	Nov	5	<0,270
2001	Mar	9	0,120
	Jun	12	<0,008
	Set	15	0,250
	Dez	18	0,091
2002	Mar	21	0,180
	Jun	24	0,310
	Nov	29	0,360
2003	Jan	31	0,240
	Abr	34	0,200
	Ago	38	0,200
	Nov	41	0,290
2004	Mar	45	0,350
	Mai	47	0,140
	Ago	50	0,280
	Nov	53	0,120
2005	Fev	56	0,420
	Mai	59	0,120
	Ago	62	0,430
	Nov	65	0,072
2006	Fev	68	0,062
	Ago	74	0,200
	Nov	77	0,190
2007	Fev	80	0,095
	Mai	83	0,073
	Ago	86	0,063
	Nov	89	0,042
2008	Fev	92	0,092
	Mai	95	0,069
	Ago	98	0,022
	Nov	101	0,170
2009	Fev	104	<0,003
	Mai	107	0,140
	Ago	110	0,180
	Nov	113	0,320

Quadro 51. Concentração de chumbo nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Chumbo (mg/l)	Ano	Mês	Acumulação de meses	Chumbo (mg/l)
1998	Abr	2	< 0,002	2002	Jan	47	<0,1
	Jun	4	0,040		Mar	49	<0,1
	Ago	6	0,030		Mai	51	<1
	Out	8	0,067		Jul	53	<1
	Dez	10	0,029		Set	55	<1
1999	Jan	11	0,390	2003	Nov	57	<1
	Mar	13	<0,5		Dez	58	<1
	Mai	15	<0,5		Fev	60	
	Jul	17	<0,5		Mar	61	<1
	Ago	18	<0,5		Jun	64	<1
	Out	20	<0,5		Nov	69	0,850
	Dez	22	<0,5		Fev	72	<1
2000	Jan	23	<0,5	2004	Mai	75	<1
	Fev	24	<0,5		Ago	78	<0,5
	Mar	25	<0,5		Nov	81	0,720
	Abr	26	<0,5	2005	Fev	84	1,730
	Mai	27	<0,5		Abr	86	<0,5
	Jun	28	<0,5		Ago	90	0,900
	Jul	29	<0,5		Nov	93	1,00
	Ago	30	<0,5	2006	Mai	99	0,064
	Set	31	<0,5		Ago	102	0,024
	Out	32	<0,5		Nov	105	0,0398
	Nov	33	1,000		Fev	108	0,042
	Dez	34	<0,01	2007	Mai	111	0,018
	Jan	35	<0,1		Ago	114	0,010
Fev	36	<0,1	Nov		117	0,033	
Mar	37	<0,1	Fev		120	0,042	
2001	Abr	38	<0,1	Ago			
	Mai	39	<0,1	2008	Mai	123	0,068
	Jun	40	<0,1		Ago	126	0,038
	Jul	41	<0,1		Nov	129	0,011
	Ago	42	<0,1	2009	Fev	132	0,011
	Set	43	<0,1		Mai	135	0,013
	Out	44	<0,1		Ago	138	
	Nov	45	<0,1		Nov	141	0,007

Quadro 52. Concentração de chumbo nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Chumbo (mg/l)
2000	Nov	5	<0,07
2001	Mar	9	<0,04
	Mai	11	<0,35
	Set	15	0,030
	Dez	18	0,023
2002	Mar	21	<0,002
	Jun	24	0,840
	Nov	29	0,005
2003	Jan	31	0,006
	Abr	34	0,005
	Ago	38	0,005
	Nov	41	0,020
2004	Fev	44	0,018
	Mai	47	0,100
	Ago	50	0,003
	Nov	53	<0,003
2005	Fev	56	<0,003
	Mai	59	<0,003
	Ago	62	0,010
	Nov	65	0,018
2006	Fev	68	0,017
	Mai	71	0,083
	Ago	74	0,038
	Nov	77	0,002
2007	Fev	80	0,006
	Mai	83	0,012
	Ago	86	0,010
	Nov	89	0,028
2008	Fev	92	0,014
	Mai	95	0,035
	Ago	98	0,013
	Nov	101	0,005
2009	Fev	104	0,006
	Mai	107	0,007
	Ago	110	0,007
	Nov	113	0,005

Quadro 53. Concentração de cádmio nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Cádmio (mg/l)	Ano	Mês	Acumulação de meses	Cádmio (mg/l)	
1998	Abr	2	0,002	2002	Jan	47	<0,01	
	Jun	4	0,002		Mar	49	<0,01	
	Ago	6	0,007		Mai	51	<0,01	
	Out	8	0,003		Jul	53	<0,1	
	Dez	10	0,006		Ago			
1999	Jan	11	0,002		Set	55	<0,1	
	Mar	13	<0,05		Dez	58	<0,1	
	Mai	15	<0,05		2003	Jan	59	<0,1
	Jul	17	<0,05			Mar	61	<0,1
	Ago	18	<0,05			Jun	64	<0,1
	Out	20	<0,5	Ago				
	Dez	22	<0,05	Nov		69	<1	
2000	Jan	23	<0,05	2004		Fev	72	<0,1
	Fev	24	<0,05			Mai	75	<0,1
	Mar	25	<0,05		Ago	78	<0,1	
	Abr	26	<0,05		Nov	81	<0,1	
	Mai	27	0,05	2005	Fev	84	<0,1	
	Jun	28	<0,05		Abr	86	<0,1	
	Jul	29	<0,05		Ago	90	<0,1	
	Ago	30	<0,05		Nov	93	<0,1	
	Set	31	<0,05	2006	Mai	99	0,001	
	Out	32	0,100		Ago	102	<0,005	
	Nov	33	0,100		Nov	105	<0,0005	
	Dez	34	<0,003	2007	Fev	108	<0,0005	
	Jan	35	<0,01		Mai	111	<0,002	
	Fev	36	<0,01		Ago	114	<0,0005	
Mar	37	<0,01	Nov		117	0,007		
2001	Abr	38	<0,01	2008	Fev	120	<0,0005	
	Mai	39	<0,01		Mai	123	<0,0005	
	Jun	40	<0,01		Ago	126	<0,0005	
	Jul	41	<0,01		Nov	129	0,0005	
	Ago	42	<0,01	2009	Fev	132	1,900	
	Set	43	<0,01		Mai	135	1,800	
	Out	44	<0,01		Ago	138		
	Nov	45	<0,01		Nov	141	<0,0005	

Quadro 54. Concentração de cádmio nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Cádmio (mg/l)
2000	Nov	5	<0,02
2001	Mar	9	<0,004
	Jun	12	<0,05
	Set	15	<0,003
	Dez	18	<0,0005
2002	Mar	21	0,0016
	Jun	24	0,330
	Nov	29	0,040
2003	Jan	31	0,002
	Abr	34	0,003
	Ago	38	0,003
	Nov	41	0,001
2004	Fev	44	0,001
	Mai	47	<0,001
	Ago	50	0,001
	Nov	53	0,001
2005	Fev	56	0,001
	Mai	59	0,0008
	Ago	62	0,0005
	Nov	65	0,0008
2006	Fev	68	<0,001
	Mai	71	0,006
	Ago	74	<0,0005
	Nov	77	<0,0005
2007	Fev	80	<0,002
	Mai	83	0,002
	Ago	86	<0,0005
	Nov	89	0,0006
2008	Fev	92	<0,0005
	Mai	95	<0,0005
	Ago	98	0,001
	Nov	101	0,0005
2009	Fev	104	0,001
	Mai	107	<0,0005
	Ago	110	<0,0005
	Nov	113	<0,005

Quadro 55. Concentração de crómio nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Crómio (mg/l)	Ano	Mês	Acumulação de meses	Crómio (mg/l)	
1998	Abr	2	0,034	2002	Jan	47	0,840	
	Jun	4	0,364		Mar	49	1,100	
	Ago	6	0,475		Mai	51	1,200	
	Out	8	0,318		Jul	53	1,000	
	Dez	10	0,613		Set	55	1,000	
1999	Jan	11	0,484		Nov	57	0,900	
	Mar	13	<0,05		Dez	58	0,900	
	Mai	15	0,300	2003	Fev			
	Jul	17	0,230		Mar	61	<0,1	
	Ago	18	0,500		Jun	64	0,400	
	Out	20	0,840		Nov	69	0,400	
	2000	Dez	22	0,270	2004	Fev	72	<0,1
Jan		23	0,490	Mai		75	0,600	
Fev		24	0,500	Ago		78	0,100	
Mar		25	0,540	Nov		81	0,700	
2005		Abr	26	0,470	Fev	84	0,100	
		Mai	27	0,650	Abr	86	<0,1	
		Jun	28	0,600	Ago	90	0,100	
		Jul	29	0,650	Nov	93	4,700	
		2006	Ago	30	0,820	Fev		
			Set	31	0,800	Mai	99	1,450
			Out	32	0,920	Ago	102	0,886
Nov			33	1,000	Nov	105	2,217	
2001		Dez	34	0,690	2007	Fev	108	1,680
	Jan	35	0,850	Mai		111	2,160	
	Fev	36	0,160	Ago		114	2,600	
	Mar	37	0,760	Nov		117	3,300	
	2008	Abr	38	0,590	Fev	120	4,400	
		Mai	39	0,660	Mai	123	2,500	
		Jun	40	0,460	Ago	126	2,000	
		Jul	41	1	Nov	129	4,230	
		2009	Ago	42	0,870	Fev	132	<0,1
	Set		43	0,810	Mai	135	<0,1	
	Out		44	0,850	Ago	138	-	
Nov	45		0,630	Nov	141	1,700		

Quadro 56. Concentração de crómio nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Crómio (mg/l)
2000	Nov	5	0,270
2001	Mar	9	0,150
	Jun	12	<0,6
	Set	15	2,400
	Dez	18	1,200
2002	Mar	21	0,710
	Jun	24	1,000
	Nov	29	1,000
2003	Jan	31	0,560
	Abr	34	0,530
	Ago	38	0,530
	Nov	41	1,100
2004	Fev	44	0,660
	Mai	47	0,200
	Ago	50	1,300
	Nov	53	1,400
2005	Fev	56	1,200
	Mai	59	1,000
	Ago	62	0,001
	Nov	65	2,780
2006	Fev	68	3,300
	Mai	71	0,832
	Ago	74	0,704
	Nov	77	1,368
2007	Fev	80	0,715
	Mai	83	0,942
	Ago	86	1,190
	Nov	89	2,900
2008	Fev	92	1,900
	Mai	95	0,707
	Ago	98	1,200
	Nov	101	2,180
2009	Fev	104	2,040
	Mai	107	2,000
	Ago	110	2,000
	Nov	113	1,400

Quadro 57. Concentração de cobre nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Cobre (mg/l)
1998	Abr	2	0,103
	Jun	4	0,037
	Ago	6	0,043
	Out	8	0,069
	Dez	10	0,030
1999	Jan	11	3,9
	Mar	13	<0,1
	Mai	15	<0,1
	Jul	17	0,2
	Ago	18	<0,1
	Out	20	<0,1
	Dez	22	<0,1
2000	Jan	23	<0,1
	Fev	24	<0,1
	Mar	25	<0,1
	Abr	26	<0,1
	Mai	27	<0,1
	Jun	28	<0,1
	Jul	29	<0,1
	Ago	30	<0,1
	Set	31	<0,1
	Out	32	0,1
	Nov	33	0,5
	Dez	34	<0,01
2001	Jan	35	<0,1
	Fev	36	0,28
	Mar	37	0,76
	Abr	38	<0,1
	Mai	39	0,48
	Jun	40	0,32
	Jul	41	0,24
	Ago	42	0,13
	Set	43	<0,1
	Out	44	<0,1
	Nov	45	<0,1
	Dez	46	-

Quadro 57 (continuação). Concentração de cobre nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Cobre (mg/l)
2002	Jan	47	<0,1
	Mar	49	<0,1
	Mai	51	<0,1
	Jul	53	<0,5
	Set	55	<0,5
	Nov	57	0,5
	Dez	58	<0,5
2003	Nov	69	<0,5
2004	Mai	75	<0,5
	Nov	81	<0,3
2005	Abr	86	<0,3
	Nov	93	<0,3
2006	Abr	98	0,065
	Nov	105	0,059
2007	Mai	111	0,076
	Nov	117	0,136
2008	Mai	123	0,117
	Nov	129	0,185
2009	Mai	135	0,938
	Nov	141	0,090

Quadro 58. Concentração de cobre nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Cobre (mg/l)
2000	Nov	5	<0,05
2001	Mar	9	<0,04
	Jun	12	<0,25
	Set	15	0,048
	Dez	18	0,140
2002	Mar	21	0,044
	Jun	24	0,150
	Nov	29	0,082
2003	Ago	38	0,167
	Nov	41	<0,050
2004	Ago	50	60
	Nov	53	<0,05
2005	Mai	59	<0,050
	Nov	65	0,088
2006	Mai	71	0,061
	Ago	74	
	Dez	78	<0,05
2007	Mai	83	<0,05
	Nov	89	109
2008	Mai	95	0,076
	Nov	101	0,098
2009	Mai	107	-
	Nov	113	0,103

Quadro 59. Concentração de níquel nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Níquel (mg/l)
1998	Abr	2	1,470
	Jun	4	0,447
	Ago	6	1,910
	Out	8	1,040
	Dez	10	0,495
1999	Jan	11	0,400
	Mar	13	0,800
	Jul	17	0,400
	Ago	18	0,500
	Out	20	0,700
	Dez	22	0,750
2000	Jan	23	0,700
	Fev	24	0,390
	Mar	25	0,500
	Abr	26	0,600
	Mai	27	0,800
	Jun	28	0,500
	Jul	29	0,700
	Ago	30	0,600
	Set	31	0,800
	Out	32	0,600
	Nov	33	0,900
	Dez	34	0,039
	2001	Jan	35
Fev		36	0,760
Mar		37	0,420
Abr		38	0,310
Mai		39	0,370
Jun		40	0,290
Jul		41	2,100
Ago		42	1,500
Set		43	0,370
Nov		45	0,410
2002	Jan	47	0,580
	Mar	49	0,600
	Mai	51	0,650
	Jul	53	0,600
	Dez	58	0,600
2004	Mai	75	0,500
	Nov	81	0,600
2005	Abr	86	0,700
	Nov	93	0,700
2006	Mai	99	0,351
	Nov	105	0,763
2007	Mai	111	0,994
	Nov	117	0,198
2008	Mai	123	0,530
	Nov	129	0,600
2009	Mai	135	0,285
	Nov	141	0,630

Quadro 60. Concentração de níquel nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Níquel (mg/l)
2001	Mar	9	0,100
	Set	15	0,054
	Dez	18	0,530
2002	Mar	21	0,690
	Jun	24	0,420
	Nov	29	0,640
2003	Nov	41	0,360
2004	Ago	50	0,600
	Nov	53	0,120
2005	Mai	59	0,610
	Nov	65	1,00
2006	Mai	71	0,319
	Nov	77	0,739
2007	Mai	83	0,645
	Nov	89	0,169
2008	Mai	95	0,361
	Nov	101	0,733
2009	Mai	107	0,750
	Nov	113	0,779

Quadro 61. Concentração de mercúrio nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulaçã o de meses	Mercúri o (mg/l)	Ano	Mês	Acumulaçã o de meses	Mercúri o (mg/l)
1998	Abr	2	0,088	2002	Jan	47	<0,005
	Jun	4	0,0021		Mar	49	<0,005
	Ago	6	0,0096		Mai	51	<0,005
	Out	8	0,0013		Jul	53	0,005
	Dez	10	0,0036		Ago	54	<0,005
1999	Jan	11	0,02	Out	56	<0,005	
	Mar	13	<0,001	Dez	58	<0,005	
	Mai	15	<0,001	2003	Fev		
	Jul	17	<0,001		Mar	61	<0,005
	Ago	18	<0,001		Jun	64	<0,005
	Out	20	<0,001		Nov	69	<0,005
	Dez	22	<0,001	2004	Fev	72	<0,005
Jan	23	0,001	Mai		75	<0,005	
Fev	24	0,001	Ago		78	0,008	
Mar	25	0,001	Nov		81	<0,005	
2000	Abr	26	0,001	2005	Fev	84	0,011
	Mai	27	0,002		Abr	86	0,009
	Jun	28	<0,001		Ago	90	0,018
	Jul	29	<0,001		Nov	93	0,006
	Ago	30	<0,001	2006	Fev		
	Set	31	<0,001		Mai	99	
	Out	32	0,022		Ago	102	0,005
	Nov	33	<0,001		Nov	105	<0,0007
	Dez	34	0,002	2007	Fev	108	<0,0008
	Jan	35	<0,005		Mai	111	0,002
	Fev	36	<0,05		Ago	114	<0,0008
	Mar	37	<0,005		Nov	117	<0,0008
2001	Abr	38	<0,005	2008	Fev	120	0,003
	Mai	39	<0,005		Mai	123	0,001
	Jun	40	<0,005		Ago	126	<0,0008
	Jul	41	<0,005		Nov	129	4
	Ago	42	<0,005	2009	Fev	132	0,03
	Set	43	<0,005		Mai	135	0,07
	Out	44	<0,005		Ago		
	Nov	45	<0,05		Nov	141	<0,0008

Quadro 62. Concentração de mercúrio nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Mercúrio (mg/l)
2000	Nov	5	<0,005
2001	Mar	9	<0,001
	Jun	12	<0,0005
	Set	15	<0,0006
	Dez	18	0,009
2002	Mar	21	0,007
	Jun	24	0,0036
	Nov	29	<0,01
2003	Jan	31	<0,0007
	Abr	34	<0,0007
	Ago	38	<0,0007
	Nov	41	0,025
2004	Fev	44	0,88
	Mai	47	0,13
	Ago	50	0,005
	Nov	53	0,01
2005	Fev	56	0,017
	Mai	59	0,003
	Ago	62	0,0029
	Nov	65	0,003
2006	Fev	68	0,001
	Mai	71	
	Ago	74	0,002
	Nov	77	<0,0007
2007	Fev	80	<0,0008
	Mai	83	<0,0008
	Ago	86	<0,0008
	Nov	89	<0,0008
2008	Fev	92	0,003
	Mai	95	<0,0008
	Ago	98	<0,0008
	Nov	101	<0,0008
2009	Fev	104	<0,0008
	Mai	107	<0,0008
	Ago	110	<0,0008
	Nov	113	<0,0008

Quadro 63. Concentração de zinco nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Zinco (mg/l)
1998	Abr	2	0,681
	Jun	4	0,626
	Ago	6	0,051
	Out	8	-
1999	Jan	11	-
	Mar	13	0,7
	Mai	15	0,76
	Jul	17	1,57
	Ago	18	1,40
	Out	20	1,30
	Dez	22	0,95
2000	Jan	23	1,60
	Fev	24	1,40
	Mar	25	3,40
	Abr	26	1,85
	Mai	27	1,89
	Jun	28	1,80
	Jul	29	1,74
	Ago	30	2,00
	Set	31	2,44
	Out	32	1,96
	Nov	33	1,90
	Dez	34	0,60
	2001	Jan	35
Fev		36	1,90
Mar		37	1,50
Abr		38	1,20
Mai		39	1,50
Jun		40	0,97
Jul		41	2,10
Ago		42	1,50
Set		43	1,20
Out		44	1,10
Nov		45	1,40

Quadro 63 (continuação). Concentração de zinco nos lixiviados do ASBA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Zinco (mg/l)
2002	Jan	47	1,40
	Mar	49	1,80
	Mai	51	1,69
	Jul	53	1,36
	Set	55	1,46
	Nov	57	<0,10
	Dez	58	1,50
2003	Nov	69	1,20
2004	Mai	75	0,60
	Nov	81	1,20
2005	Abr	86	1,50
	Nov	93	0,90
2006	Mai	99	1,30
	Nov	105	0,724
2007	Mai	111	1,90
	Nov	117	1,60
2008	Fev	120	-
	Mai	123	0,929
	Ago	126	-
	Nov	129	1,50
2009	Mai	135	0,897
	Nov	141	1,10

Quadro 64. Concentração de zinco nos lixiviados do ASSA ao longo da dos anos de exploração.

Ano	Mês	Acumulação de meses	Zinco (mg/l)
2000	Nov	5	<0,28
2001	Set	15	1,50
	Dez	18	3,20
2002	Mar	21	2,80
	Nov	29	2,86
2003	Ago	38	0,553
	Nov	41	0,44
2004	Ago	50	0,457
	Nov	53	0,559
2005	Mai	59	0,989
	Nov	65	0,669
2006	Mai	71	-
	Nov	77	0,332
2007	Mai	83	1,95
	Nov	89	0,473
2008	Mai	95	0,499
	Nov	101	0,533
2009	Mai	107	0,634
	Nov	113	1,060

