

III-080 - ESTUDO MATEMÁTICO COMPUTACIONAL DA GERAÇÃO DE PERCOLADO DO ATERRO SANITÁRIO DE JOINVILLE

Carolini Rodrigues Feldhaus⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina. Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade do estado de Santa Catarina.

Virgínia Grace Barros⁽²⁾

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina, mestre em Engenharia Ambiental pela Fundação Universidade Regional de Blumenau, e doutora em Ciências Ambientais pela Università Ca' Foscari Di Venezia. Atualmente professora efetiva da Universidade do Estado de Santa Catarina, no curso de graduação e mestrado em engenharia civil.

Amaya Lobo García de Cortázar⁽³⁾

Engenheira de estradas, canais e portos, com especialidade em hidráulica, oceanografia e meio ambiente pela Universidade de Cantábria, Espanha. Doutora em Engenharia Ambiental da Universidade de Cantábria. Professora e investigadora do departamento de ciências e técnicas da água e do meio ambiente.

Ana López Martínez⁽⁴⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade de Cantábria, PhD em Engenharia Ambiental. Pesquisadora do departamento de ciências e técnicas da água e meio ambiente.

Endereço⁽¹⁾: Rua Maracujá, 494 - Comasa – Joinville - SC - CEP: 89.229-070 - Brasil - Tel: (47) 999669201 - e-mail: carolini_rodrigues@hotmail.com;

Endereço⁽²⁾: Rua Paulo Malschitzki, 200 - Campus Universitário Prof. Avelino Marcante - Bairro Zona Industrial Norte - Joinville - SC – CEP: 89.219-710- Brasil - Tel: (47) 34817832 - CEP: 89.229-070 - Brasil - Tel: (47) 999669201 - e-mail: virginia.barros@udesc.br;

Endereço⁽³⁾: Avenida. Los Castros s/n – Santander - Cantabria - Espanha Tel: +39 942202285 - e-mail: loboa@uncan.es;

Endereço⁽⁴⁾: Avenida. Los Castros s/n – Santander - Cantabria - Espanha Tel: +39 942202285 - e-mail: ana.lopez@uncan.es;

RESUMO

Um dos maiores problemas da atualidade é a geração acelerada de resíduos sólidos. Entre as disposições ambientalmente adequadas desses resíduos estão os aterros sanitários, que são construídos a partir de soluções técnicas e economicamente viáveis de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública, à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. Os impactos ambientais dos aterros estão principalmente na geração de líquidos percolados que são muito poluídos e devem ser corretamente coletados e tratados, por isso a importância de se conhecer a quantidade de percolado gerada. Este estudo tem como objetivo verificar a influência da meteorologia, do tipo de resíduo e da cobertura do aterro sanitário do município de Joinville a partir de simulações com o software MODULO V.4. As simulações iniciais do aterro sanitário de Joinville apresentaram resultados satisfatórios quanto a geração de resíduos, e nessas simulações já foi possível perceber a influência das camadas de cobertura intermediária dos aterros, que diminuem significativamente os picos de geração de percolado, fato já concluído por Cuartas et. al. (2017). Porém os resultados ainda não representaram bem a geração de percolado se comparada com a já medida em campo. Espera-se obter resultados satisfatórios da calibração, para então determinar estatisticamente as influências da cobertura, tipo de resíduo, e clima no aterro sanitário da região chuvosa de Joinville.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro Sanitário, Geração de Percolado, Simulação de Aterros, Modelagem de Aterros.

INTRODUÇÃO

Entre os maiores desafios da sociedade moderna estão a redução da geração de resíduos sólidos e a garantia da disposição final e ambientalmente segura dos resíduos na mesma proporção em que são gerados. Para alcançar essa igualdade é preciso de políticas e diretrizes para gerenciamento e disposição final adequada dos resíduos sólidos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS instituída no Brasil pela lei nº 12.305/10 (Brasil, 2010) estabelece diretrizes, metas e ações a serem adotados no país, visando à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. Segundo a PNRS na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Quando o processo produtivo não permite redução, reuso ou reciclagem do resíduo a alternativa é a destinação dos resíduos descartados a aterros, que são construídos a partir de soluções técnicas e economicamente viáveis de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública, à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

De acordo com IBAM (2001), em geral, diferentemente do conceito de gerenciamento integrado, os municípios costumam tratar o lixo produzido na cidade apenas como um material não desejado, a ser recolhido, transportado, podendo, no máximo, receber algum tratamento manual ou mecânico para ser finalmente disposto em aterros. E mesmo assim segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento de 2015 - SNIS (SNIS, 2015), que segundo ele pode inferir sobre 84% da massa de resíduos do país, apenas 60,9 % são dispostos em aterros sanitários, sendo 11,5% em aterros controlados, 10,1% em lixões e 2,3% encaminhados para unidades de triagem e de compostagem, restando então uma parcela de 15,4% sem informação.

Os impactos ambientais relacionados aos aterros são principalmente decorrentes da emissão de percolados fortemente poluídos e gases potencialmente nocivos, o que pode causar poluição do ar, do solo e das águas subterrâneas, bem como efeitos do aquecimento global (Pantini *et al.*, 2015b).

De acordo com Bastiani (2011) o percolato gerado nos aterros tem como principal característica a grande quantidade de matéria orgânica e necessita de um sistema de captação e tratamento adequado, a fim de se evitar a contaminação, principalmente dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

A estimativa de produção dos líquidos percolados ao longo da vida de um aterro sanitário, bem como o tempo que levam para serem formados, são dados valiosos para minimizar o impacto destes ao meio ambiente. A qualidade e o volume do percolato podem variar fortemente com fatores locais, como características de resíduos, projeto de aterro, método de disposição, condições climáticas, bem como vários processos físicos e bioquímicos, como movimentos de líquidos e gases, degradação bioquímica e envelhecimento de resíduos (São Mateus *et al.*, 2012).

Fatores não controláveis como o regime pluviométrico a que está submetida a região onde se localiza o aterro sanitário, e a velocidade de degradação dos resíduos pela ação dos microrganismos tornam difícil uma estimativa precisa da geração de percolados, sendo utilizados diferentes métodos para a sua quantificação. São utilizados métodos empíricos como o método racional, método suíço, e método do balanço hídrico citados por Silva, Gomes e Grabin (2006), porém métodos e modelos computacionais vem sendo desenvolvidos e aprimorados, entre eles o MODUELO (GIA, 2017).

O modelo computacional MODUELO V.4 possui como finalidade a simulação e a estimativa da geração de lixiviado e gases em aterros sanitários. Em essência, consiste na aplicação da equação de continuidade nas entradas e saídas de água na unidade elementar do trabalho, as células unitárias, que podem ser de solo ou resíduo, de acordo com o aterro a estudar. De acordo com GIA (2009), O MODUELO V.4 é um programa 3D, subdividido em três blocos de gestão de dados (meteorologia, configuração do aterro e produção de resíduos) e cinco módulos principais de cálculo: hidrológico, climatológico, biodegradação, temperaturas e adensamentos.

O programa simula a história do aterro, a variação das características hidráulicas do resíduo com a profundidade, oferece a possibilidade de conectar a água do escoamento superficial ao sistema de coleta de percolados e definir um modelo de recirculação e armazenamento de percolado (GIA, 2009).

Este estudo tem como objetivo geral estudar os processos hidrológicos no aterro sanitário de Joinville com simulação da geração de percolado no MODUELO V.4, avaliando a influência da meteorologia, do tipo e quantidade de resíduos, e da cobertura do aterro na geração de percolado.

MATERIAIS E MÉTODOS

De uma forma geral foi inicialmente estudado o modelo matemático/computacional adotado para esse trabalho, o MODUELO V.4 desenvolvido pelo grupo de engenharia ambiental (GIA, 2017) da Universidade de Cantábria (UNICAN), Espanha. Assim como as características e o funcionamento do aterro sanitário localizado no município de Joinville, SC, para obter os dados e organizá-los de forma adequada.

Os dados referentes ao clima foram obtidos das estações meteorológicas da Defesa Civil de Joinville, da Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, do site da Agência Nacional de Águas – ANA, da estação da cidade de Itapoá do Instituto Nacional de Meteorologia e da estação da estação de Joinville pertencente a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI. Todas essas fontes de dado meteorológicos foram necessárias para o preenchimento e correção das falhas meteorológicas existentes. As informações referentes a operação e características do aterro foram obtidos junto a empresa que o opera. A estação da Defesa Civil localiza-se a aproximadamente 1,5 da área, a da UNIVILLE a 5 km e de Itapoá a 34 km.

As informações foram organizadas e inseridos no software MODUELO V.4, que fornece, além de outros dados, um histórico de quantidade que percolado a coletada no aterro, essa quantidade de percolado coletada calculada pelo software foi comparada com a quantidade medida in loco para fazer a calibração do modelo.

O objetivo geral e os específicos serão atendidos fazendo a calibração e variação dos dados inseridos no MODUELO V.4 e a análise e comparação dos resultados obtidos.

Características da área de estudo

O estudo está sendo desenvolvido em um aterro sanitário localizado na Zona Industrial Norte do município de Joinville, na rua dos Bororós, na região nordeste do estado de Santa Catarina no Brasil a figura 1 mostra a localização da área de estudo.

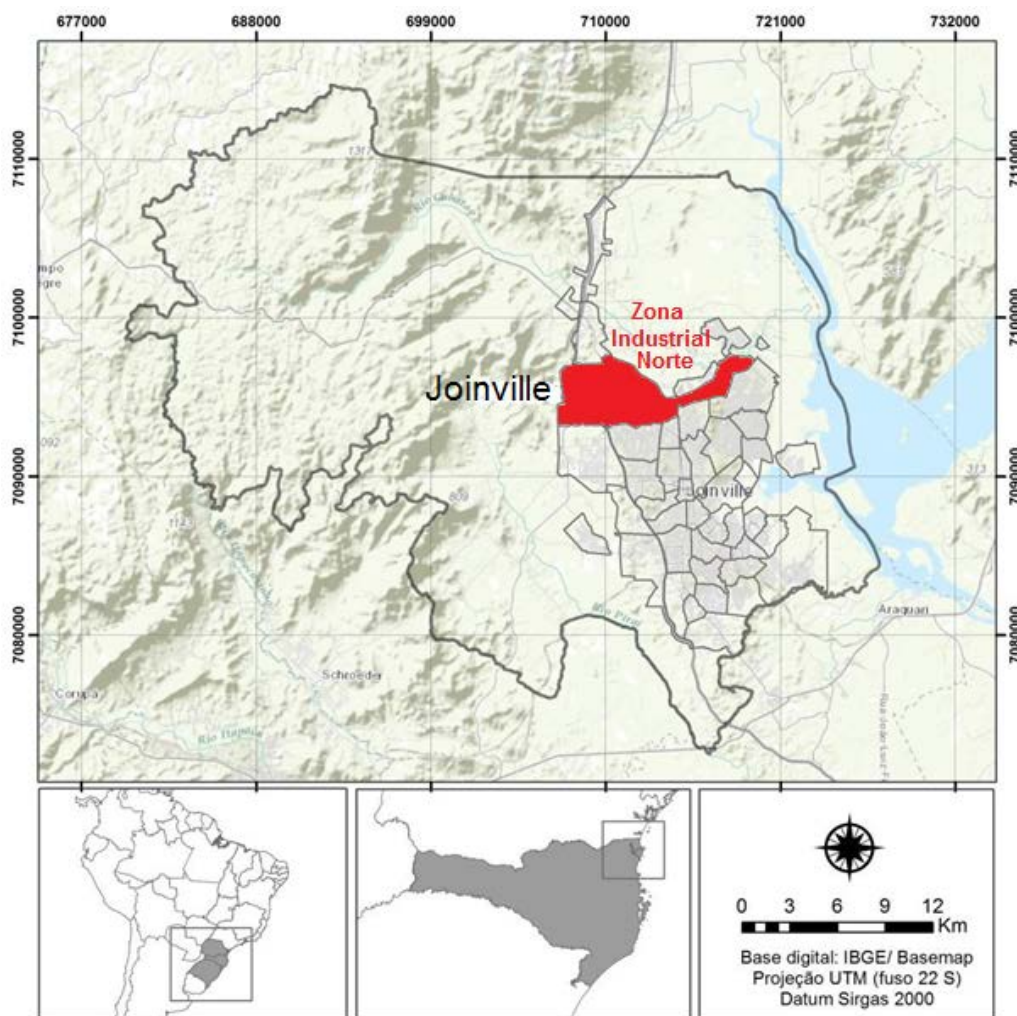


Figura 1 – Localização da área de estudo
Fonte: A autora.

O município de Joinville tem uma área de 1124,46 km², é a maior cidade do estado, com 569.645 habitantes (IBGE 2017). É polo industrial da região Sul, concentra grande parte da atividade econômica na indústria com destaque para os setores metalmeccânico, têxtil, plástico, metalúrgico, químico e farmacêutico. (Joinville, 2017). O Produto Interno Bruto de Joinville também é um dos maiores do país, em torno de R\$24.570.851,00 por ano (IBGE 2017).

O clima da região é do tipo úmido a super úmido, mesotérmico, com curtos períodos de estiagem. A umidade relativa média anual do ar é de 76,04%. (Joinville, 2017). A distribuição média anual de precipitação no Estado é maior na região nordeste, próximo ao município de Garuva, que fica muito próximo da área em estudo, onde são encontrados valores superiores a 2.700 mm (Figura 2). Mello et. al. (2013) mencionam que o pluviômetro Estrada dos Morros, localizado na região do rio Pirai, em Joinville (SC), registra uma média anual de 3.004,7 mm, para uma série de 23 anos de dados, de 1987 a 2009.

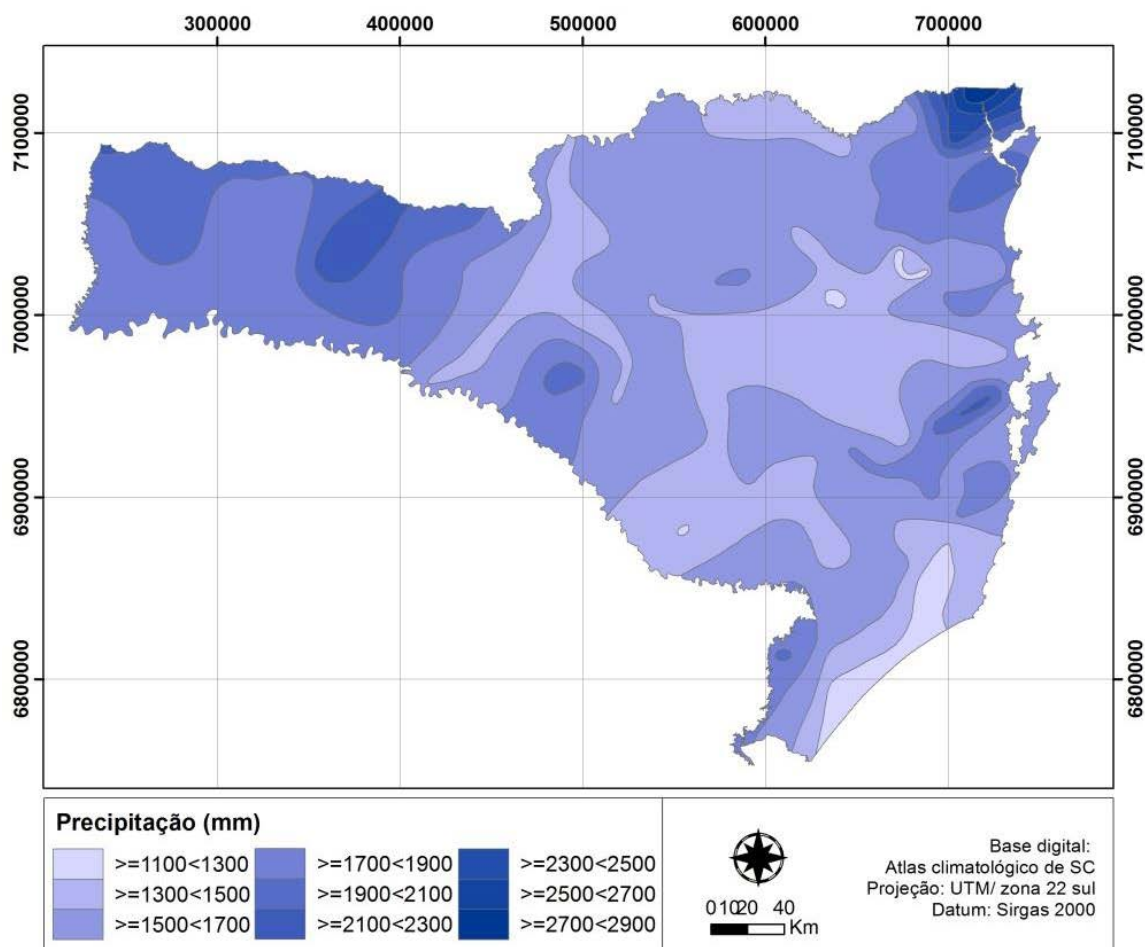


Figura 2 – Mapa de pluviosidade de Santa Catarina.

Fonte: Mello et. Al. (2013)

O relevo do município é formado por três grandes compartimentações topográficas, sendo elas: a planície costeira, a leste; a escarpa da Serra do Mar, na porção central, e o planalto, a oeste. O setor correspondente ao planalto compreende uma área onde predominam pequenas cristas e morros de topos convexos, vales em “V” e simétricos, e cotas que variam entre 780 e 960 m (Oliveira, 2006).

O aterro sanitário opera 24 horas por dia, recebe os resíduos sólidos urbanos de coleta domiciliar, resíduos de limpeza urbana e resíduos de serviço de saúde que são esterilizados via autoclavagem antes de serem depositados no aterro. Esse aterro também recebe resíduos do município de Barra do Sul, e tem atualmente 5 células: um maciço antigo que na década de 80 era lixão, posteriormente se tornou aterro controlado, atualmente encerrado, duas células menores também já encerradas, uma célula ainda em operação (área 1), e uma que ainda não está em uso, que serve atualmente como jazida. A figura 3 apresenta a localização das áreas citadas.



Figura 3 – Divisão das células dos aterros

Fonte: Google Earth (2017)

As camadas de resíduos têm aproximadamente 5 metros e são cobertas diariamente por uma camada de argila, nas células encerradas a camada de resíduos é de 3 metros de espessura. O material de cobertura das células é proveniente da área 2 (Figura 3). A base do aterro tem uma camada de impermeabilização de argila e manta PEAD de 1,5mm, uma camada de drenagem formada por uma camada de pedrisco e manta geotêxtil tecido com inclinação de 1%. A camada de base tem em torno de 1 metro de espessura.

A drenagem horizontal do percolato do fundo do aterro é formada por drenos principais, e secundários, os drenos principais são de PEAD (polietileno de alta densidade) de 170 milímetros perfurados e envoltos por uma trincheira de Brita 3, e os secundários são formados por trincheiras de Brita 3, formando uma drenagem horizontal em malha de 30X30 metros. A rede de drenagem está interligada a drenos verticais formados por tubos de concreto perfurados e envoltos por uma malha de aço que servem como drenagem de gás e conduzem o percolato das camadas até o fundo do aterro. A drenagem horizontal do percolato nas camadas do aterro é feita também em malha de 30X30 metros com trincheiras de pedra pulmão.

Atualmente é coletado percolato de todas as células por gravidade em uma lagoa de equalização (inclusive do antigo aterro controlado e lixão) e depois enviada para o tratamento, já que a capacidade do tratamento é em média de 6 L/s. A avaliação da produção de percolato de todo o aterro foi feita com base na medição diária do nível da lagoa de equalização, sendo necessário o cálculo e subtração da evaporação e adição da precipitação diária. A estimativa da evaporação foi realizada segundo a equação de Penman (1948, *apud* Tucci 2014).

Dados Meteorológicos

Os dados climatológicos necessários para simulação no MODUELO V.4 são precipitação horária, a temperatura média diária, a radiação solar média diária, a velocidade média diária do vento e a umidade relativa do ar média diária.

A estação meteorológica do CEASA foi instalada em 2012 e até o momento apresenta vários períodos com falhas, por isso foi feito um preenchimento de falhas pelo método da regressão linear múltipla, utilizando-se o software Microsoft Excel. Ledra (2017) e Mello (2015) encontram bons resultados utilizando a regressão linear múltipla no preenchimento de falhas de dados meteorológicos na região. Os dados de 1996 a 2002 foram obtidos a partir da estação meteorológica da Univille que possui 3 medições diárias, por isso foi necessário fazer a desagregação de chuvas de um dia para 24 horas e de 24h para períodos horários. Para a desagregação de chuva de um dia para chuva máxima de 24 horas Torga apud Tucci *et. al.* (2014) indica que esse fator pode ser considerado como 1,10, que foi o adotado nesse estudo. E para fazer a desagregação da chuva de 24H em chuvas horários foi utilizado o coeficiente calculado de acordo com a equação 20, determinada por ISSA (2017). Apesar de não serem os dados ideais para a simulação essa é uma estação meteorológica próxima ao local, 5Km de distância, e uma das poucas estações que possuem medições anteriores a 2012. Os dados anteriores a 1996 foram obtidos a partir do site da ANA.

Representação do aterro no MODUELO V.4

Os dados necessários para efetuar uma simulação no MODUELO V.4 estão divididos em quatro blocos: Meteorologia, produção de resíduos, configuração do aterro, e armazenamento de lixiviados.

No software MODUELO v.4 (GIA, 2009a) é possível escolher 5 tipos de análise de produção de resíduos, optou-se por analisar a produção de resíduos pela “Geração global mensal” já que se conhece a geração mensal no período analisado, essa opção se adequou às características de coleta de dados do aterro em função da dificuldade de se definir a população exata e o crescimento desta para o período estudado. As informações referentes à produção de resíduos foram fornecidas pela empresa que opera o aterro, conforme o apresentado na figura 4, para dados anteriores a 1991 foi feita uma regressão linear, em função da inexistência de dados.

A composição média dos resíduos do aterro sanitário, fornecida pela operadora do aterro, é: alumínio, metal ferroso, vidro, plástico filme, PET, PEAD, PP, plásticos diversos, papel, papelão, tetra-pack, matéria orgânica, rejeitos, material inerte e perdas. Para maior facilidade de inserção de dados no modelo materiais plásticos e metais foram agrupados em um único item. A tabela 1 mostra a composição dos resíduos considerada. A densidade dos resíduos adotado foi de 0,9ton/m³, de acordo com estudos apresentados por Gomes (2009). A composição média dos resíduos do aterro sanitário foi inserida conforme a figura 5.

Recebimento de Resíduos no Aterro Sanitário Municipal de Joinville

ANO	Massa Total Recebida(ton)	Volume(m³)	Área em Operação no Período
1991	42.122	60.175	Maciço Antigo
1992	58.324	83.320	
1993	68.003	97.147	
1994	71.435	102.050	
1995	6.297	123.281	
1996	99.218	141.740	
1997	112.490	160.700	
1998	145.558	207.94	
1999	149.293	213.275	
2000	155.360	221.943	
2001	174.368	249.098	
2002	168.645	240.922	
2003	156.238	223.197	
2004	153.729	219.613	Novas Células
2005	129.714	185.306	
2006	116.613	166.59	Área Emergencial
2007	121.925	174.179	
2008 (Jan a Abr)	44.210	63.157	Ampliação Área Emergencial
2008 (Maio a Dez)	88.420	126.314	
2009 (Jan a Set)	104.594	149.419	Área I
2009 (Out a Dez)	32.309	31.399	
2010	145.130	121.854	
2011	147.222	101.821	
2012 (Jan a Mai)	63.804	48.063	
2012 (Jun a Dez)	81.791	100.704	
2013	154.293	175.283	
2014	143.544	174.772	
2015	150.792	158.426	
2016	144.799	151.232	
2017	149.48	145.776	

Figura 4 – Volume de resíduos.
Fonte: Empresa operadora do aterro (2018).

Composição dos Resíduos	
Aterro Sanitário	%
Metais	3,12
Vidro	3,85
Plástico	15,46
Papel	5,49
Papelão	3,27
Tetra Pack	1,75
Matéria Orgânica	42,06
Rejeitos	21,2
Material Inerte	2,69
Perdas	1,11
Total	100

Figura 5 – Composição dos resíduos.
Fonte: Empresa operadora do aterro (2018)

A definição do terreno de fundo, da camada atual do aterro e a drenagem foram feitas a partir dos projetos do aterro que foram fornecidos pelas empresas que os operam. Para a digitalização dos desenhos foi utilizado o AutoCAD Civil 3D versão de estudante, e nesse mesmo software foi feita a conversão para “DXF”, extensão aceita no MODUELO V.4.

Para este estudo, a malha com a definição das células unitárias do aterro, em que se baseia o processo de cálculo por diferenças finitas, foi composta com dimensões de 10mx10mx1m na camada de base, 10mx10mx5m nas camadas intermediárias e 10mx10mx4m para a ultima camada, sendo largura, comprimento e altura (x, y, z). A dimensão de 10 metros foi utilizada para coincidir com a distância dos drenos horizontais e as alturas (dimensão z) com a espessura da camada de resíduos no aterro. As células unitárias foram numeradas de acordo com a ordem de ocupação do aterro, que foi definida pelos engenheiros responsáveis das empresas.

A espessura da cobertura das camadas de resíduos foi adotada na primeira simulação como 0,4 metros, de acordo com informação recebida pela empresa operadora do aterro sanitário, e as características dessa camada foram obtidas ensaiando o material dos laboratórios da UDESC. Os parâmetros de drenagem foram adotados de acordo com o projeto fornecido pela empresa operadora do aterro.

Calibração do modelo

A lagoa de equalização que recebe percolado de todo o aterro sanitário tem seu nível medido diariamente, considerando a variação do nível da lagoa, a subtração da evaporação e a adição da precipitação sobre ela foi possível calcular a produção diária de percolado de todo o aterro sanitário.

No balanço hídrico da lagoa, também foi necessário estimar a evaporação e para isso foi utilizada a Equação do método de Penman (1948) apud Tucci (2014). Os dados de radiação solar e duração máxima da insolação diária foram retirados de Tucci (2014). A incidência solar e a velocidade do vento foram extraídas de Embrapa (2012), utilizando dados do município de São Francisco do Sul, cidade mais próxima da região analisada. Os dados de temperatura e umidade relativa dos registros da estação de monitoramento do Ceasa. E por fim, foi realizado o cálculo da evaporação estimada na lagoa. A simulação foi feita para todas as células do aterro sanitário, e a soma de percolado simulado tornará possível a calibração.

RESULTADOS E DISCUSSÕES PRELIMINARES

A simulação das áreas encerradas e da Área 1 (em operação) do aterro sanitário foi feita desde o início de sua operação, considerada como lixão de 1986 a 1991, como aterro controlado de 1991 a 2006 e aterro sanitário a partir de 2006. A simulação feita pelo MODUELO V.4, mostra que os cálculos do módulo de geração de

resíduos se comportaram de forma adequada, já que o armazenamento de resíduos foi até aproximadamente o final da quarta camada da Área 1, o que aconteceu também na situação real de dezembro de 2017. A figura 6 mostra a simulação da Área 1 comparada com a imagem atual, e a figura 7 mostra a comparação da área encerrada.



Figura 6 – Simulação Área 1.

Fonte: Google Earth e MODULEO v.4 (2018).



Figura 7 – Simulação Área Encerrada.

Fonte: Google Earth e MODULEO v.4 (2018).

Com as simulações já feitas notou-se que é grande a influência da camada de cobertura diária, na Área 1 por exemplo, os resultados atuais (figura 8) não representam os picos de geração de percolado que coincidem com os picos de precipitação. Esse fato que pode ser devido à simulação ter sido feita com camadas de cobertura de 0,40 metros, já que em visitas a campo detectou-se espessuras menores, ou então devido à compactação in loco ser menor que a ensaiada, fato que Tozetto (2008) também concluiu em seu trabalho.

Tozetto (2008) utilizou o MODUELO V.2 para calcular a quantidade de lixiviado em um aterro sanitário da cidade de Curitiba, Paraná-Brasil, fazendo sua calibração de acordo com os dados medidos em campo. O resultado da calibração de Tozetto (2008) mostrou que a condutividade hidráulica equivalente do solo de cobertura é de 1×10^{-3} cm/s, duas ordens de grandeza maior do que a determinada pelos ensaios realizados em laboratório sendo reflexo da qualidade da execução da cobertura, a execução de uma cobertura com uma condutividade hidráulica de 1×10^{-7} cm/s resultaria em uma diminuição de 57,6% no volume de lixiviado produzido.

Também, considerando que a camada de cobertura é de argila com alta permeabilidade, essa pode contribuir para o armazenamento de líquidos no sistema de fluxo vertical, e fazer uma regularização de vazões, que condiz com o estudo de Cuartas et. al. (2017) que concluiu que a presença de coberturas intermediárias aumenta significativamente a quantidade de água retida pelo aterro. A prática mais eficaz para reduzir o volume de percolado é o uso de um revestimento de superfície temporário durante a operação. Outros elementos, como o uso de coberturas intermediárias ou a capa impermeável final, também exercem influência, mas em menor grau. A altura da camada de resíduos e a densidade de compactação quase não influenciam o volume de resíduos gerados Cuartas et. al (2017).

Todavia, para chegar a conclusões mais precisas deve-se chegar a um bom resultado de calibração do aterro, inclusive das áreas encerradas. Segundo Cuartas et. al (2017) os diferentes cenários são importantes para o impacto das variáveis de projeto, sendo necessário analisar vários para poder generalizar as conclusões, mostrando assim a importância da conclusão desse trabalho.

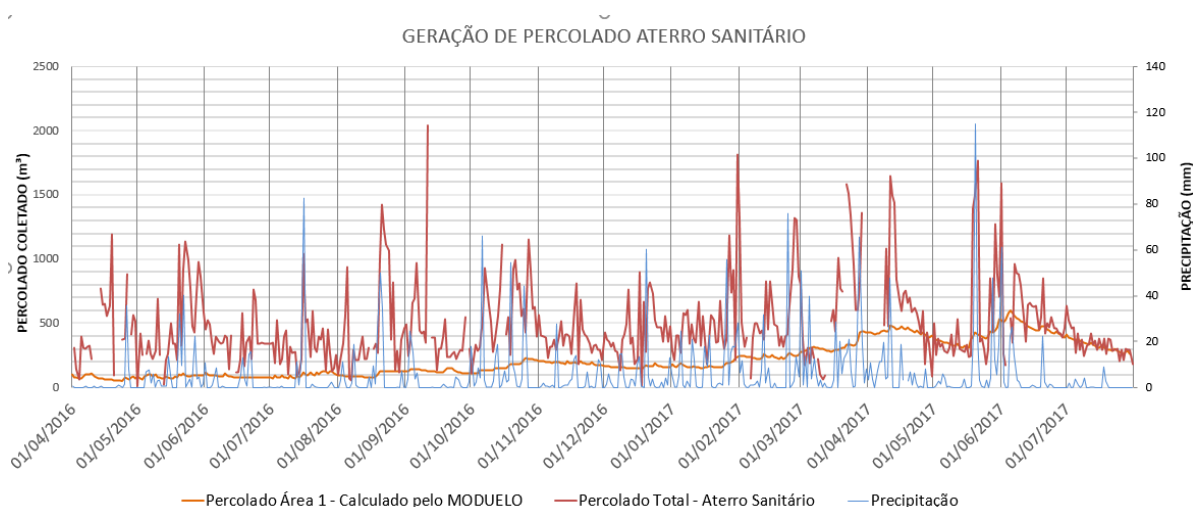


Figura 8 – Volumes de percolado coletado em vermelho, calculado em alaranjado, e precipitação em azul. Fonte: A autora

CONCLUSÕES

As simulações iniciais do aterro sanitário de Joinville apresentaram resultados satisfatórios para o módulo de geração de resíduos representando o volume de resíduos e a evolução das camadas do aterro de forma correta. Nessas simulações já foi possível perceber a influência das camadas de cobertura intermediária dos aterros, que diminuem significativamente os picos de geração de percolado. Porém os resultados ainda não representaram bem a geração de percolado se comparada com a já medida em campo. A calibração do modelo poderá ser feita com a mudança de alguns parâmetros de projeto, como a espessura das camadas de cobertura, principalmente as características de drenagem de percolado de forma que melhor representem as características hidrológicas do aterro como um todo.

Espera-se obter resultados satisfatórios da calibração, para então determinar estatisticamente as influências da cobertura, tipo de resíduo, e clima no aterro sanitário de Joinville, região de alta pluviosidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BASTIANI, F. Avaliação da influência de elementos meteorológicos na vazão de lixiviado gerado no aterro sanitário do município de Lajeado/RS. 2011.86p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências exatas e Tecnológicas UNIVATES. Lajeado, RS, 2011. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/browse?type=author&order=ASC&rpp=90&value=Bastiani%2C+Fernanda>>. Acesso em: 7 abr. 2017.
2. BRASIL. LEI Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010.
3. CUARTAS, M.; LÓPEZ, A.; PÉREZ, F.; LOBO, A. Analysis of landfill design variables based on scientific computing. WASTE MANAGEMENT. 2017, v.70, p.287-300.
4. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. Atlas climático da região sul do Brasil. Brasília, Distrito Federal. 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1045852/atlas-climatico-da-regiao-sul-do-brasil-estados-do-parana-santa-catarina-e-rio-grande-do-sul>>. Acesso em: 20 set. 2017
5. GIA – Grupo de Ingeniería Ambiental. Software MODUELO. Departamento de ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente. Universidad de Cantabria. Disponível em: <https://www.gia.unican.es/index.php?option=com_content&view=article&id=131&Itemid=668&lang=ES> Acesso em: 05 ago. 2017.
6. GIA – Grupo de Ingeniería Ambiental. Moduelo 4.0 Manual de Usuario. Departamento de ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente. Universidad de Cantabria – España. 2009.
7. GOMES, L. P. (coordenadora) Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras/Luciana Paulo Gomes (coordenadora). Rio de Janeiro: ABES, 2009. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_3.pdf> Acesso em: julho 2017.
8. GOOGLE EARTH. 2017. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/>> Acesso em: 20 dez. 2017.
9. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística..Cidades@. Disponível em:<<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 de ago. de 2017.
10. IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal, Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.Rio de Janeiro, IBAM, 2001.
11. ISSA, R. A. A. M. DETERMINAÇÃO DA EQUAÇÃO DO COEFICIENTE DE DESAGREGAÇÃO DAS CHUVAS DA CIDADE DE JOINVILLE/SC.2017. 78p. Trabalho de conclusão de curso. Engenharia Civil. Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC
12. JOINVILLE. Prefeitura Municipal de Joinville- PMJ; Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Urbano Sustentável de Joinville. Joinville cidade em dados 2017. Joinville, 2017. 76p.
13. LEDRA, L. Métodos de preenchimento de falhas de dados pluviométricos: comparações para dados de 24 horas na cidade de Joinville,SC. Joinville, 2017. 166p. Dissertação mestrado em engenharia civil) – Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.2017.
14. MELLO, Y. Distribuição de precipitação no município de Joinville(SC) e sua relação com a incidência de leptospirose. Joinville, 2015. 92p. Dissertação (mestrado em saúde e meio ambiente) – Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE. 2015
15. MELLO, Y. R. de; KOEHNTOPP, P. I; OLIVEIRA T. M.; VAZ, C.. Distribuição de precipitação pluviométrica na região de Joinville. Joinville, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia). Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE. 2013.
16. OLIVEIRA, F. A. de. Estudo do aporte sedimentar em suspensão na baía da babilonga sob a ótica da geomorfologia. Universidade de São Paulo – USP. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Tese de Doutorado, 2006.
17. PANTINI, S., VERGINELLI, I., LOMBARDI, F., SCHEUTZ, C., KJELDSSEN, P.,. Assessment of biogas production from MBT waste under different operating conditions. Waste Management. v. 43, 2015b. p. 37–49.

18. SÃO MATEUS, M.D.S.C., MACHADO, S.L., BARBOSA, M.C. An attempt to perform water balance in a Brazilian municipal solid waste landfill. WASTE MANAGEMENT. 2012. v.32, p. 471–481.
19. SILVA, C. E., GOMES, T. L., GRÄBIN, T. F. Aplicação de Modelos empíricos na estimativa da geração de percolato em aterro sanitário controlado. XII SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL 2006. Anais. Figueira da Foz. v.1. p.1 – 10
20. SNIS - Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (2015) Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos -2015. Disponível em <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2015>> Acesso em: 25 julho 2017.
21. TOZETTO, C. M., Modelagem Matemática de Aterros Sanitários com a Simulação hidrológica da geração de lixiviado: estudo de caso do aterro sanitário de Curitiba. Curitiba, 2008. 156p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná.
22. TUCCI, C.E.M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 4ª Edição. Local: Porto Alegre. Editora: UFRGS, 2014. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. Atlas climático da região sul do Brasil. Brasília, Distrito Federal. 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1045852/atlas-climatico-da-regiao-sul-do-brasil-estados-do-parana-santa-catarina-e-rio-grande-do-sul>>. Acesso em: 20 set. 2017