



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII – ARARUNA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

JOÃO CARLOS RIBEIRO SILVA

**USO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS PARA
AVALIAÇÃO DA ADEQUABILIDADE DE SISTEMA DE DISPOSIÇÃO FINAL NO
MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE – PB**

ARARUNA

2018

JOÃO CARLOS RIBEIRO SILVA

**USO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS PARA
AVALIAÇÃO DA ADEQUABILIDADE DE SISTEMA DE DISPOSIÇÃO FINAL NO
MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE – PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento.

Orientador: Prof. Me. Igor Souza Ogata.

Coorientador: Prof^a. Me. Lilian Arruda Ribeiro.

ARARUNA

2018

S586u Silva, Joao Carlos Ribeiro.

Uso do índice de qualidade de aterro de resíduos para avaliação da adequabilidade de sistema de disposição final no município de campina grande – PB [manuscrito] : / Joao Carlos Ribeiro Silva. - 2018.

44 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde , 2018.

"Orientação : Prof. Me. Igor Souza Ogata , Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

"Coorientação: Profa. Ma. Lilian Arruda Ribeiro , IFPB - Instituto Federal da Paraíba"

1. Resíduos Sólidos. 2. Aterro sanitário. 3. Engenharia sanitária.

21. ed. CDD 368.728.5

JOÃO CARLOS RIBEIRO SILVA

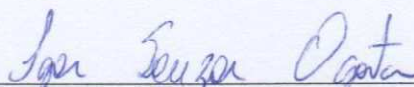
USO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS PARA AVALIAÇÃO
DA ADEQUABILIDADE DE SISTEMA DE DISPOSIÇÃO FINAL NO MUNICÍPIO DE
CAMPINA GRANDE – PB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Programa de Graduação em Engenharia
Civil da Universidade Estadual da Paraíba,
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

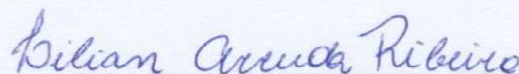
Área de concentração: Saneamento.

Aprovado em: 20/06/2018.

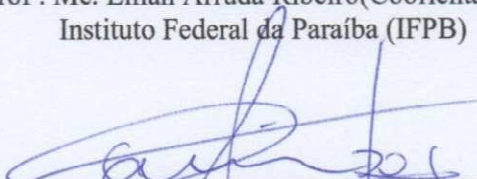
BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Igor Souza Ogata (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Lilian Arruda Ribeiro (Coorientadora)
Instituto Federal da Paraíba (IFPB)



Prof. Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A minha filha Ana Liz Lopes Ribeiro, por
nortear o meu caminho, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente, por me permitir enfrentar esta árdua caminhada e ao fim desta etapa obter sucesso. Foram muitas orações para chegar até aqui, mas sem jamais perder a fé, ficando evidente a sua presença e seus feitos em nossas vidas. Ademais sem esquecer o meu fiel protetor Santo Expedito, ao qual sou devoto e que atendeu minhas preces.

A minha mãe, Maria Nilda e ao meu pai, Carlos Roberto por todo esforço que fizeram para que eu tivesse sempre uma educação de qualidade e pudesse desfrutar deste momento. Graças aos seus ensinamentos, dificuldades que se encontram em todas as famílias não foram suficientes para me desviar deste caminho, me mostrando e fazendo com que eu seguisse sempre em busca deste sonho.

Um agradecimento especial a minha avó, Dona Lúcia, que sempre de forma batalhadora e superando as adversidades de seu tempo, encorajou e encaminhou seus filhos para o caminho do estudo, culminando no mesmo direcionamento para os seus netos. Agradeço sempre a atenção que tem por mim, e por sempre contribuir com palavras que me encorajaram a seguir esta direção.

A minha esposa, Mayara, por sempre ter cuidado da nossa filha na minha ausência e me ajudado a seguir este caminho. Por vezes me ajudou com atividades acadêmicas e conciliou com a mais bela função que uma mulher pode exercer: ser mãe.

As minhas tias, que desempenham em minha vida um papel de mãe e que sempre torceram para ver seu sobrinho querido formado. Elas que me ajudaram a superar diversas dificuldades, sempre me dando o apoio necessário. Também ao meu irmão João Pedro pelo companheirismo e fraternidade.

Aos amigos e amigas, que fiz durante a graduação, por todo apoio e por se fazer família na ausência dos verdadeiros parentes. Pelos aniversários que se faziam, fortalecendo nossos laços e aproximando-nos ainda mais. Um agradecimento especial aos meus amigos José Roberto, Alex, Robério, Maick, Ramon, Vinycius, Felipe, Tiago e Sebastião, pelo apoio dado durante o curso, principalmente pela partilha do conhecimento quando eu tive dificuldade.

A todos os professores, que através de suas aulas e debates em sala contribuíram durante esses cinco anos de formação acadêmica para o desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço também aqueles professores que foram além do desempenho de sua função e muitas

vezes foram amigos e conselheiros. Em especial a Daniel Baracuhy, Nivaldo Arruda, Igor Ogata e Marinaldo Júnior.

Aos funcionários da UEPB, que pelo bom serviço prestado e carisma me proporcionaram uma amizade verdadeira e que têm papel fundamental na minha formação, lembrando dos queridos amigos Bené, Jacaré, Zé, Kaká e Divaldo. Agradecer também a Natália, por sempre estar na área de vivência vendendo lanches que por vezes mataram minha fome.

A Lilian Arruda, que fez a ponte para que eu pudesse contatar e ter acesso ao aterro sanitário objeto desta pesquisa. Também ao senhor João Azevedo, responsável pelo aterro sanitário, agradeço a disponibilidade, boa acolhida e empenho no fornecimento de dados.

Enfim, agradeço a todos que de certa forma contribuíram, direta ou indiretamente, para que eu realizasse o sonho de concluir o curso de Engenharia civil.

RESUMO

A quantidade de resíduos sólidos urbanos produzidos em todo o mundo é bastante significativa e se não forem dispostos de forma correta esses resíduos podem vir a causar problemas ambientais e de saúde pública gravíssimos. A forma mais adequada de dispor esses resíduos é destiná-los para aterros sanitários. Portanto, torna-se necessário avaliar a qualidade do local para onde os resíduos estão sendo destinados, essa avaliação é feita através do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR), que se subdivide em três macroconjuntos e que analisa vários parâmetros de ordem sanitária, ambiental e operacional. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade do aterro sanitário localizado no município de Campina Grande – PB, utilizando a metodologia da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). O resultado foi bastante positivo, o valor do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR) foi de 9,61, assim foi possível classificar o aterro com condições adequadas de funcionamento.

Palavras-Chave: Aterro sanitário. Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos. Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

The amount of urban solid waste produced worldwide is very significant, and if not disposed of correctly, such waste can cause severe environmental and public health problems. The most appropriate way to dispose of these wastes is to land them in sanitary landfills with adequate operating conditions. So, it is necessary to assess the quality of the place where the waste will be disposed of. Therefore, the objective of this research was to evaluate the quality of the landfill, located in Campina Grande city, Paraíba State, Brazil. It was used the methodology of the Environmental Company of the State of São Paulo (CETESB), which evaluation was done through the Residual Landfill Quality Index (RQI), which is subdivided into three macro set, which analyzes sanitary, environmental and operational parameters. The Residual Landfill Quality Index (RQI) obtained was 9.61, a value that allowed to classify the residual landfill under sufficient operating conditions.

Keywords: Residual Landfill. Landfill Quality Index. Urban solids. Solid wastes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil.....	18
Figura 2 –	Coleta de resíduos sólidos urbanos no Brasil.....	19
Figura 3 –	Destinação dos resíduos sólidos no Brasil.....	20
Figura 4 –	Pirâmide de informação.....	23
Figura 5 –	Localização do aterro sanitário, mostrando a não existência de habitações no seu entorno.....	31
Figura 6 –	Curva de distribuição granulométrica do solo natural do aterro sanitário.	32
Figura 7 –	Acesso asfaltado e área cercada com estacas de concreto.....	33
Figura 8 –	Placa indicativa de acesso ao aterro sanitário.....	33
Figura 9A –	Trator de esteira.....	34
Figura 9B-	Caminhão pipa.....	34
Figura 10-	Condições dos acessos internos.....	35
Figura 11-	A esquerda está a balança e a direita o acesso a mesma.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Macroconjunto da condição sanitária.....	26
Tabela 2 –	Macroconjunto da condição ambiental.....	27
Tabela 3 –	Macroconjunto da condição operacional.....	28
Tabela 4 –	Classificação do aterro sanitário segundo o IQR	29
Tabela 5 –	Coefficiente de permeabilidade máximo para material de cobertura do aterro.....	32
Tabela 6 –	Valor obtido pelo macroconjunto da condição sanitária.....	37
Tabela 7 –	Valor obtido para o macroconjunto da condição ambiental.....	38
Tabela 8 –	Valor obtido para o macroconjunto da condição operacional.....	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivos específicos	14
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1 Resíduos sólidos	15
3.2 Classificação dos resíduos sólidos	16
3.3 Descarte dos resíduos sólidos	17
3.4 Política nacional dos resíduos sólidos	20
3.5 Índices e indicadores	21
3.6 Índice de qualidade de aterro de resíduos	23
4 MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1 Campo experimental	25
4.2 Coleta de informações para composição do índice	25
5 RESULTADOS	30
5.1 Caracterização do aterro sanitário	30
5.2 Classificação do aterro sanitário segundo o IQR	36
6 DISCUSSÃO	41
7 CONCLUSÃO	42
8 REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

Durante toda sua existência, o homem foi capaz de interagir e alterar a natureza, visto que é nela que vive e é dela que retira tudo o que necessita para sua sobrevivência. O homem aprendeu a relacionar-se com o meio ambiente de forma que lhe fosse conveniente, e é neste contexto que a história dos resíduos sólidos se enlaça com a própria história da humanidade.

Tal afirmação se baseia, por exemplo, na existência dos *sambaquis*, no qual estudos arqueológicos comprovam que continham restos de alimento, de animais e resquícios de corpos humanos depositados no mesmo lugar ao longo de vários anos. MaDu Gaspar (2000) explica os *sambaquis* como:

[...] caracterizados basicamente por serem uma elevação de forma arredondada que, em algumas regiões do Brasil, chega a ter mais de 30 m de altura. São construídos basicamente com restos faunísticos como conchas, ossos de peixe e mamíferos. Ocorrem também frutos e sementes, sendo que determinadas áreas dos sítios foram espaços dedicados ao ritual funerário e lá foram sepultados homens, mulheres e crianças de diferentes idades” (GASPAR, 2000, p.9)

Os locais pré-determinados para o despejo dos resíduos não possuíam critérios ambientais, podendo ser na água, no solo ou enterrados, e somente veio a se destacar no contexto ambiental quando o próprio homem passou a enfrentar suas consequências, a exemplo da proliferação de doenças.

Com o crescimento das comunidades e o desenvolvimento da indústria aumentou-se a quantidade de bens consumidos e, conseqüentemente, a quantidade de rejeitos, havendo, portanto a necessidade de destinar os resíduos para um local pré-determinado, dando início ao que se conhece como lixão (vazadouro a céu aberto). Este, a princípio, era uma alternativa viável, visto que distanciava da comunidade os problemas trazidos pela má gestão dos resíduos, porém não se enquadrava em uma solução ambientalmente adequada. Em suma os vazadouros geram grandes problemas de ordem ambiental e social, sendo exigência da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, que os municípios destinem seus resíduos para aterros sanitários.

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2016) a presença de lixões e aterros controlados em nosso país ainda é significativa, porém é decrescente. Paralelamente a esse fato, tem-se um aumento dos resíduos

destinados aos aterros sanitários. Esse aumento da porcentagem destinado aos aterros sanitários pode ser consequência da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), que exige dos municípios a disposição correta de seus resíduos e cumpram as demais exigências estabelecidas na Lei federal 12.305/2010, pois de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA,2012), só assim pode-se ter acesso aos recursos da União ou recursos que por ela sejam controlados.

Neste contexto, o presente trabalho busca avaliar o Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR) do aterro sanitário localizado no Distrito de Catolé de Boa Vista, no município de Campina Grande-PB e com base nos dados obtidos, analisar se o aterro possui condições adequadas de funcionamento ou se apenas recebe a denominação de *aterro sanitário* para servir de escape para os municípios justificarem sua adequação à Política Nacional dos Resíduos Sólidos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar as condições de instalação, operacionais e de manutenção do aterro sanitário localizado no Município de Campina Grande-PB com base no Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os aspectos sanitários, ambientais e operacionais do aterro sanitário do município de Campina Grande – PB.
- Calcular o valor do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos para o aterro sanitário de Campina Grande-PB.
- Classificar o nível de qualidade do aterro sanitário de Campina Grande – PB em função das categorias que o Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos propõe.
- Avaliar a adequabilidade do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos para as condições do aterro sanitário de Campina Grande - PB.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Resíduos sólidos

Para discutir sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos, é indispensável entender seu conceito, que muitas vezes está erroneamente associado ao termo “lixo”. De fato, tais concepções aproximam-se e confundem a população por se tratarem de materiais que inicialmente não apresentam mais utilidade para a realização das atividades humanas.

Este equívoco se dá, devido a uma cultura de consumismo desenfreado e descarte descontrolado, onde tudo aquilo que aparentemente não nos serve é descartado. Outro fator que sustenta esta cultura é o fato da população desconhecer ou simplesmente ignorar o destino que deve ser dado aos resíduos por eles produzidos, visto que, é bem mais conveniente reuni-los em um único recipiente e descartá-los.

De acordo com Amorim (2010) lixo “é tudo que nós descartamos por não quisermos mais, ou por não percebermos uma utilidade imediata”, ou seja, o conceito de “lixo” é algo subjetivo, que depende de fatores econômicos e sociais, visto que ele terá diferentes utilidades para pessoas que não estejam inseridas em um mesmo patamar socioeconômico que seu gerador. O termo “lixo” está mais próximo ao conceito de rejeito devido ao fato de ser descartado como se não pudesse mais servir para outro fim. De acordo com a Lei 12.305/2010, em seu artigo 3º, inciso XV, os rejeitos são definidos como “resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada”.

Amorim (2010) ressalta ainda que, “o lixo vira resíduo quando é reaproveitado”, reforçando a ideia que a diferenciação entre os dois termos se torna subjetiva. Contudo, ainda assim os resíduos sólidos possuem definição segundo a NBR 10.004/2004:

[...]resíduos nos estados sólidos e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p.7).

Esse conceito também é apresentado na Lei 12.305/2010, que define resíduos sólidos como:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL, 2010, p.1).

3.2 Classificação dos resíduos sólidos

Devido à heterogeneidade da produção de resíduos sólidos, sua classificação quanto à origem da geração é apropriada e conforme a NBR 10.004/2004 “a identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização dos resíduos deve ser estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem”.

Como exposto na Lei 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os resíduos podem ser classificados segundo a sua origem, e são categorizados em resíduos domiciliares, limpeza urbana, sólidos urbanos, estabelecimentos comerciais e prestadoras de serviços, serviços públicos de saneamento básico, industriais, serviços de saúde, construção civil, agrossilvopastoris, serviços de transporte e mineração.

- Resíduos domiciliares: tem sua origem em residências urbanas devido à realização de atividades domésticas;
- Resíduos de limpeza urbana: são os que se originam a partir da limpeza das vias públicas e dos demais serviços que busquem a higienização dos logradouros;
- Resíduos sólidos urbanos: oriundos da junção dos resíduos domiciliares e de limpeza urbana;
- Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadoras de serviços: são os que se originam no desenvolvimento dessas atividades, sendo suas características dependentes de cada atividade que é desenvolvida;
- Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: compreende os resíduos gerados nos serviços de limpeza urbana, abastecimento de água potável (principalmente o lodo retido nos decantadores e resíduos provenientes da lavagem dos filtros), esgotamento sanitário (no tratamento preliminar das estações de tratamento de esgoto na forma de sólidos grosseiros e sólidos inorgânicos, e nas demais etapas de tratamento na forma de lodo) e

serviços de drenagem e manejo das águas pluviais (provenientes de desassoreamento e dragagem).

- Resíduos industriais: gerados a partir da instalação de indústrias e durante o desenvolvimento do seu processo produtivo;
- Resíduos de serviços de saúde: gerados nos serviços de saúde, com ênfase no fato de que necessita de uma destinação especial;
- Resíduos da construção civil: originados nas construções, em escavações, em reformas e demolições, pode ser reaproveitado no processo de fabricação de outros materiais destinados à construção civil;
- Resíduos agrossilvopastoris: oriundos das atividades agropecuárias e silviculturais;
- Resíduos dos serviços de transportes: originários de portos, aeroportos, rodoviárias e demais meios utilizados no transporte de pessoas e mercadorias;
- Resíduos de mineração: oriundos do processo de extração e beneficiamento de minérios.

Já de acordo com a NBR 10.004/04, os resíduos sólidos são classificados quanto à sua periculosidade, sendo caracterizados em Classe I, Classe II-A e Classe II-B.

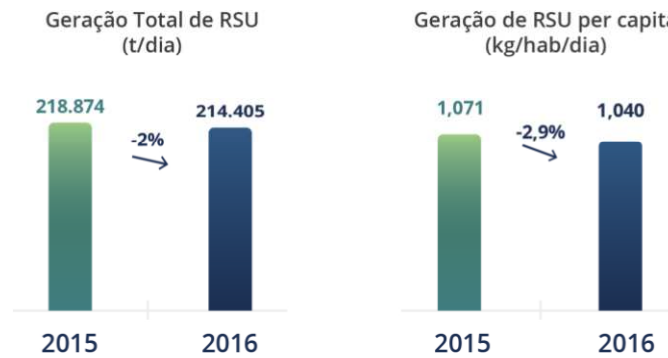
- Classe I-Perigosos: são os resíduos que apresentam periculosidade, ou seja, as características do resíduo em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, apresentam risco à saúde pública ou ao meio ambiente; ou ainda apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.
- Classe II A (Não inertes): Podem ter propriedades, tais como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
- Classe II B (Inertes): Não sofrem alteração na sua composição com o passar do tempo. Podem ser dispostos em aterros sanitários ou até mesmo serem reciclados.

3.3 Descarte dos resíduos sólidos

Segundo o panorama realizado pela ABRELPE (2016), no Brasil, entre os anos de 2015 e 2016 houve uma redução de 2% na quantidade de resíduos gerados no país alcançando um patamar em torno de 214.000 t/dia. Essa redução também foi verificada na geração *per*

capita que decaiu de 1,071 kg/hab.dia para 1,040 kg/hab.dia, diminuindo em 3% da quantidade anterior (Figura 1).

Figura 1 - Geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil

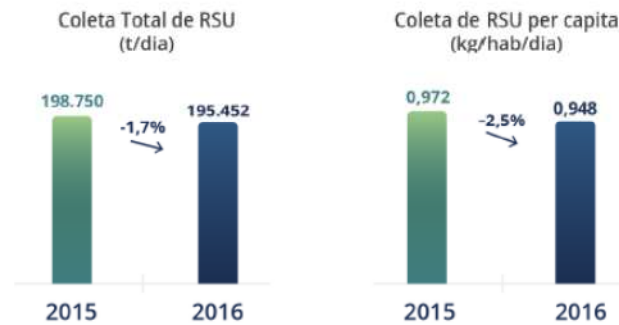


Fonte: ABRELPE (2016).

Apesar dessa redução na quantidade de resíduos gerada no país, a população aumentou em 0,8% indicando que outro fator está influenciando a dinâmica de geração de resíduos sólidos. Nesse sentido, Rossi e Mello (2017) discutem em seu trabalho que desde o primeiro trimestre de 2015 o Brasil está em um período de recessão econômica e que além da queda do Produto interno bruto (PIB) houve também aumento das taxas de desemprego, e devido à diminuição do poder de compra da população pode ter havido uma diminuição na geração de resíduos sólidos, assim como teorizado no trabalho de Godecke et al (2012), que relaciona diretamente a geração de resíduos e o consumo da população.

Como apresentado no panorama dos resíduos sólidos no Brasil (ABRELPE,2016), a cobertura da coleta de resíduos nas regiões e no Brasil como um todo teve um ligeiro aumento. Porém houve uma redução no montante de resíduos coletados quando se compara o ano de 2016 ao ano de 2015, essa redução da coleta (Figura 2) ocorre justamente devido ao fato da geração de resíduos ter sido menor.

Figura 2 - Coleta de resíduos sólidos urbanos no Brasil



Fonte: ABRELPE (2016).

Mesmo com essa redução, todo o resíduo coletado deve possuir uma destinação final, de preferência que eles sejam dispostos em um aterro sanitário. No Brasil existem três tipos de disposição final que são os mais utilizados, sendo denominados de vazadouro a céu aberto, aterro controlado e aterro sanitário.

- **Vazadouro a céu aberto:** Como afirma D'almeida e Vilhena(2002), o lixão é um tipo de disposição final de resíduos sólidos ambientalmente inadequada, que possui como característica principal o descarte de todo o resíduo coletado diretamente sobre o solo, sem qualquer preocupação com o meio ambiente ou com a saúde pública.
- **Aterro controlado:** o aterro controlado, como é apresentado por D'almeida (2002), apresenta como característica a disposição dos resíduos em terrenos baixos ou valas escavadas com cobertura dos resíduos com solo, periodicamente. É tido como uma forma de disposição ambientalmente inadequada devido ao fato de não apresentar camada impermeabilizante e sistema de drenagem de chorume, gases e águas pluviais, de maneira a contaminar solo, água e ar.
- **Aterro sanitário:** é um dispositivo caracterizado por ser ambientalmente correto, a área de depósito dos resíduos é impermeabilizada, impedindo a infiltração de chorume no solo e a possível contaminação de águas subterrâneas e superficiais, além de haver cobertura dos resíduos diariamente e compactação de ambos. Ademais, todo o chorume e gás gerado é coletado e tratado.

Ainda de acordo com a ABRELPE (2016), a representatividade de resíduos que eram destinados para aterros sanitários diminuiu em 0,3%, paralelamente a quantidade destinada

aos aterros controlados aumentou 0,1% e aos vazadouros a céu aberto em 0,2% (Figura 3). Essas variações nas porcentagens não são tão significativas quando comparadas com os dados apresentados no ano de 2015, mas vale enfatizar que a quantidade de resíduos que são destinados aos aterros controlados e aos vazadouros a céu aberto ainda é bastante significativa, estando em desconformidade com a PNRS.

Figura 3 - Destinação dos resíduos sólidos no Brasil



Fonte: ABRELPE (2016).

3.4 Política nacional dos resíduos sólidos

Diante do cenário de degradação socioambiental causada pela má gestão dos resíduos sólidos ao longo de toda a história da humanidade, algumas ações precisaram ser tomadas na busca pela minimização dos impactos dos resíduos sólidos. Dentre elas, a criação de políticas voltadas à gestão dos resíduos sólidos e nessa situação o Brasil apresenta a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), através da Lei 12.305/2010, após quase 20 anos de discussão sobre o tema.

Em meio a essa busca pela minimização dos impactos dos resíduos, a PNRS estabelece em seu artigo sétimo, inciso segundo, que dentre os objetivos desta política incluí-se a disposição final ambientalmente adequada; esta é definida no artigo terceiro, inciso oitavo, como: “distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos”.

Para se ter acesso aos recursos advindos da União, ou que por ela sejam administrados, os municípios devem estar em conformidade com as diretrizes estabelecidas na

PNRS, isto fica claro no décimo quinto artigo, no inciso sétimo, que afirma que o plano nacional de resíduos sólidos deve conter.

[...]normas e condicionantes técnicas para o acesso a recursos da União, para a obtenção de seu aval ou para o acesso a recursos administrados, direta ou indiretamente, por entidade federal, quando destinados a ações e programas de interesse dos resíduos sólidos. (BRASIL, 2010, p.1).

O décimo sexto artigo também trata da obrigatoriedade da elaboração de plano estadual de resíduos sólidos como um critério para que se tenha acesso aos mesmos recursos.

A elaboração de plano estadual de resíduos sólidos, nos termos previstos por esta Lei, é condição para os Estados terem acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à gestão de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade. (BRASIL, 2010, p.1).

O décimo oitavo artigo trata da necessidade de plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos como condicionante para se ter acesso aos recursos. Ficando com a seguinte redação.

A elaboração de plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, nos termos previstos por esta Lei, é condição para o Distrito Federal e os Municípios terem acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade. (BRASIL, 2010, p.1).

Devido à cobrança de adequação a PNRS, muitas vezes através de outros órgãos como o Ministério público, pode ser que os aterros sanitários não estejam saindo tecnicamente adequados, mas sim apenas com o intuito de justificar a adequação e buscar o acesso aos recursos da União.

3.5 Índices e indicadores

Devido à similaridade fonética e gramatical das palavras índice e indicadores, são frequentemente confundidos como sinônimos, mas para aqueles que utilizam esses

instrumentos há uma grande diferença, em relação à forma de cálculo e ao significado interpretativo.

Partindo do princípio etimológico, o indicador pode ser definido como *aquilo que indica*, todavia ele abrange uma definição mais ampla visto que é capaz de fornecer um plano *lato* de todo o sistema.

Um indicador pode, então, ser conceituado como uma ferramenta de avaliação referida a uma característica específica e observável, mensurável em escala quantitativa ou qualitativa, ou a uma mudança que pode ser avaliada em relação a um critério previamente selecionado, e que mostra a evolução de uma política ou de um ou mais programas implementados em relação a essa característica ou critério, ou o progresso relativamente ao atingimento de um resultado determinado, habilitando os tomadores de decisão a avaliar a necessidade/oportunidade de uma intervenção corretiva e/ou estimar o progresso rumo aos resultados, metas e produtos perseguidos ou, ainda, os impactos de uma determinada ação (MARANHÃO, 2007, p. 39).

Reforçando o que é apresentado sobre indicador por Maranhão (2007), tem-se a colocação de Ogata (2014):

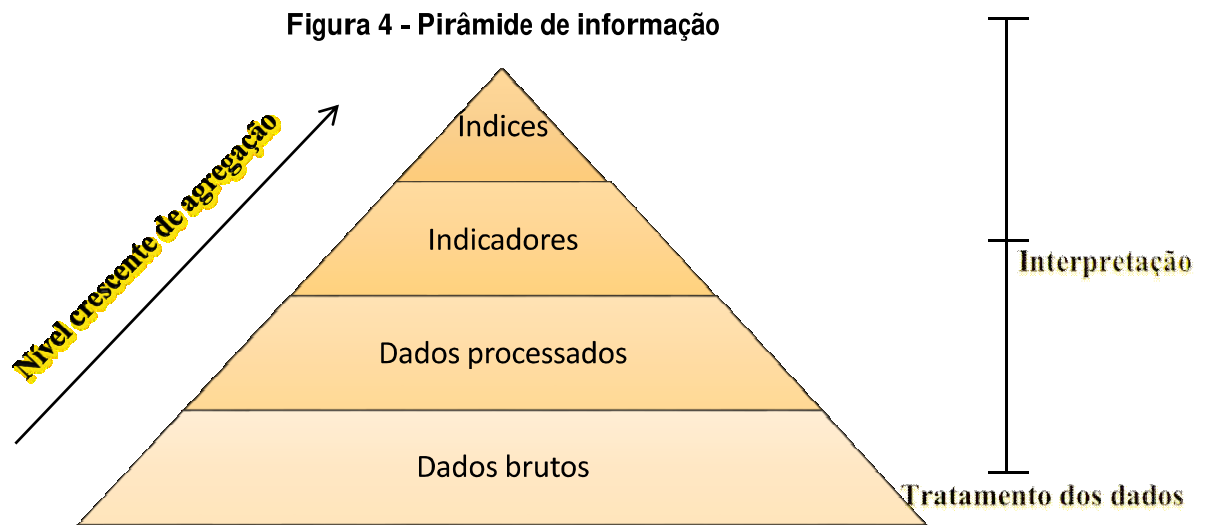
Indicador é uma ferramenta de representação confiável e imparcial de um sistema sob uma base contextual, no qual essa representação extrapola os limites da base contextual, fornecendo uma visão abrangente de todo o sistema, com a finalidade de melhorar o entendimento, comparar, avaliar resultados de intervenções, avaliar a distância para um objetivo, auxiliar na tomada de decisão, monitorar, fiscalizar ou prever tendências. (OGATA, 2014, p.27).

Um único indicador pode não ser capaz de representar uma situação, sendo necessário agrupá-los, formando o que se chama de índice. De acordo com Maranhão (2007), o índice é um valor escalar, adimensional, gerado pela agregação matemática de indicadores, obtendo uma representação compacta e objetiva de um sistema complexo.

A forma como índice e indicadores se relacionam são bem apresentadas por Ogata (2014), onde o autor desenvolve uma pirâmide da informação (Figura 4), que trata da relação e da hierarquia entre tais conceitos. Sobre a pirâmide, Ogata apresenta que:

A base é formada por uma diversidade de dados, sem nenhuma espécie de tratamento, chamada de dados brutos, ou seja, resultados de observações e medições diretas ou indiretas. À medida que os dados brutos são tratados estatisticamente, retirando os erros e as inconsistências, estes se tornam capazes de serem organizados em um banco de dados e apresentarem uma informação. [...]. Aumentando o nível de agregação chega-se aos

indicadores, que unem as informações, também conhecidas como variáveis. Por sua vez, os índices são agregações de indicadores (OGATA, 2014, p.28).



Fonte: Adaptado de Ogata (2014).

3.6 Índice de qualidade de aterro de resíduos

O Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR) surgiu em 1997, ideia inicial da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), com o objetivo de classificar as condições de instalação, operação e manutenção de aterros.

Este índice é influenciado diretamente por três fatores que dizem respeito às condições sanitárias, ambientais e operacionais. Quanto à ordem sanitária, este está voltado às características do local, verificando deficiências como odor, doenças de alguns animais macrovetores como cachorros, ratos e porcos, e micro vetores como moscas e mosquitos. Sobre a ordem ambiental, se ressalta a infraestrutura, isto é, prejuízos à estética, poluição do solo e da água. A ordem operacional, por sua vez, deve-se as condições de funcionamento, como vias inacessíveis nos dias chuvosos e descontrole sobre a área em que estão dispostos os resíduos.

Em síntese, o índice consiste em atribuir valores pré-estabelecidos, de acordo com as características do aterro, a cada um dos componentes dos macroconjuntos. Ao fim, utiliza-se uma equação para a obtenção de um valor final e verificar em que faixa de classificação do índice o aterro se enquadra.

O índice de qualidade de aterro de resíduos foi utilizado para avaliar um sistema de disposição final em Anápolis-GO, assim sendo, Santos *et al* (2012) mostra que devido ao fato de haver catadores no local, urubus e gaivotas, e a não cobertura das células corretamente, o

local de disposição dos resíduos apresenta condições controladas de funcionamento, obtendo nota 8,0. As condições que influenciaram negativamente para a obtenção desse resultado não são tão desconsideráveis, visto que a cobertura adequada dos resíduos é de suma importância para a operação correta do aterro sanitário e que há problemas nos mecanismos de drenagem, o que pode acarretar na poluição do lençol freático, bem como outros problemas para o meio ambiente. Com uma metodologia bastante aproximada, Pereira (2017) utiliza o Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos (IQA) que analisa vários parâmetros bastante similares aos que compõem o IQR, alguns até iguais, para verificar as condições de um aterro sanitário na cidade de Puxinanã-PB, que obteve apenas 1,8 pontos, apresentando condições inadequadas de funcionamento.

Pirete *et.al* (2014) mostra a análise de uma área de disposição final de resíduos segundo a aplicação do IQR onde após toda a análise do aterro o valor obtido para o IQR foi de 7,7, caracterizando condições controladas de funcionamento, e, além disto, os pontos que mais influenciaram negativamente são pontos de fácil resolução, como condições das vias de acesso e manutenção dos acessos interno e recobrimento adequado dos resíduos, podendo assim, passar a operar em condições adequadas.

Estes são apenas alguns casos que mostram a utilização do índice para caracterizar qualidade do funcionamento dos aterros. Existem vários outros casos, de maior e menor grau de relevância, que reiteram a importância deste índice como indicador da funcionalidade dos aterros.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida através de visita técnica ao aterro sanitário localizado no município de Campina Grande - PB para verificar algumas características de funcionamento deste, utilizou-se também dados obtidos em publicações sobre o referido aterro e análise de imagens para coletar informações sobre localização e seu entorno.

4.1 Campo experimental

O aterro sanitário objeto desta pesquisa está localizado na fazenda Logradouro II, no distrito de Catolé de Boa Vista, município de Campina Grande-PB e possui latitude 7°16'32"S e longitude 36°00'54"O, sendo que a área onde o aterro sanitário foi implantado corresponde a aproximadamente 40 ha.

4.2 Coleta de informações para composição do índice

Para o preenchimento adequado do questionário que origina o índice, utilizou-se três meios de coletar informações. A primeira foi uma visita técnica ao aterro sanitário, na qual foi possível aferir características do aterro sanitário, como as condições dos acessos, isolamento visual, distância de núcleos habitacionais, cercamento da área, existência de guarita e balança, máquinas disponíveis; bem como detalhar cada passo da operação.

O segundo meio foi a análise do projeto de implantação e operação do aterro sanitário, que ficou disponibilizado para verificar se o que ocorre em campo condiz com as especificações do projeto, como o tipo de drenagem utilizada, a forma de tratamento do lixiviado, impermeabilização da base, profundidade do lençol freático. E por fim a análise de publicações relacionadas ao aterro sanitário, que forneceram dados como qualidade e disponibilidade do material de recobrimento, tipo de solo do local, permeabilidade do solo e distância de corpos d'água; e análise de imagem de satélite, através da qual obteve-se dados referentes a vizinhança.

Com a obtenção dos demais dados através dos meios supracitados, foi preenchido o formulário (Tabela 1; Tabela 2; Tabela 3) de acordo com o modelo criado pela CETESB (1998).

Tabela 1 – Macroconjunto da condição sanitária

Subitem	Avaliação	Peso	Valor
Capacidade de suporte do solo	Adequada	5	
	Inadequada	0	
Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5	
	Próximo	0	
Proximidade de corpos d'água	Longe > 200 m	3	
	Próximo	0	
Profundidade do lençol freático	> 3 m	4	
	1 a 3 m	2	
	0 a 1 m	0	
Permeabilidade do solo	Baixa	5	
	Média	2	
	Alta	0	
Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4	
	Insuficiente	2	
	Nenhuma	0	
Qualidade do material para recobrimento	Boa	2	
	Ruim	0	
Condições do sistema viário, trânsito e acessos	Boas	3	
	Regulares	2	
	Ruins	0	
Isolamento visual da vizinhança	Bom	4	
	Ruim	0	
Legislação da localização	Local permitido	5	
	Local proibido	0	
	Subtotal 1		0

Fonte: CETESB (1998).

Tabela 2 - Macroconjunto da condição ambiental

Subitem	Avaliação	Peso	Valor
Cercamento da área	Sim	2	
	Não	0	
Portaria/guarita	Sim	2	
	Não	0	
Impermeabilização de base de aterro	Sim/desnecessário	5	
	Não	0	
Drenagem do chorume	Suficiente	5	
	Insuficiente	1	
	Inexistente	0	
Drenagem de águas pluviais (definitiva)	Suficiente	4	
	Insuficiente	2	
	Inexistente	0	
Drenagem de águas pluviais (provisória)	Suficiente	2	
	Insuficiente	1	
	Inexistente	0	
Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5	
	Periodicamente	2	
	Inexistente	0	
Outros equipamentos, trânsito e acesso	Sim	1	
	Não	0	
Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5	
	Insuficiente/Inexistente	0	
Acesso à frente de trabalho	Bom	3	
	Ruim	0	
Vigilantes	Sim	1	
	Não	0	
Sistema de drenagem de gases	Suficiente	3	
	Insuficiente	1	
	Inexistente	0	
Controle do recebimento de cargas	Sim	2	
	Não	0	
Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3	
	Insuficiente	2	
	Inexistente	0	
Atendimento às especificações do projeto	Sim	2	
	Parcialmente	1	
	Não	0	
	Subtotal 2		0

Fonte: CETESB (1998).

Tabela 3 - Macroconjunto da condição operacional

Subitem	Avaliação	Peso	Valor
Aspecto geral	Bom	4	
	Ruim	0	
Ocorrência de lixo a descoberto	Não	4	
	Sim	0	
Recobrimento do lixo	Adequado	4	
	Inadequado	1	
	Inexistente	0	
Presença de urubus ou gaivotas	Não	1	
	Sim	0	
Presença de moscas em grandes quantidades	Não	2	
	Sim	0	
Presença de catadores	Não	3	
	Sim	0	
Criação de animais	Não	3	
	Sim	0	
Descarga de resíduos de serviços de saúde	Não	3	
	Sim	0	
Descarga de resíduos industriais	Não/adequado	4	
	Sim/inadequado	0	
Funcionamento de drenagem pluvial definitiva	Bom	2	
	Regular	1	
	Inexistente	0	
Funcionamento de drenagem provisória	Bom	2	
	Regular	1	
	Inexistente	0	
Funcionamento de drenagem do chorume	Bom	3	
	Regular	2	
	Inexistente	0	
Funcionamento do sistema de tratamento do chorume	Bom	5	
	Regular	2	
	Inexistente	0	
Funcionamento do sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2	
	Regular	1	
	Inexistente	0	
Eficiência da equipe de vigilantes	Bom	1	
	Ruim	0	
Manutenção dos acessos internos	Boa	2	
	Regular	1	
	Inexistente	0	
	Subtotal 3		0

Fonte: CETESB (1998).

Para cada subitem que compõe o formulário do IQR atribuiu-se um valor de acordo com as informações obtidas e características do aterro sanitário. O somatório dos valores atribuídos geram subtotaís para cada um dos macroconjuntos, totalizando a geração de três subtotaís, visto que o formulário se divide em três macroconjuntos. De acordo com a Equação 1 a soma desses subtotaís dividido por treze irá gerar o valor do IQR.

$$IQR = \frac{(subtotal\ 1 + subtotal\ 2 + subtotal\ 3)}{13} \quad (\text{Equação 1})$$

Com o valor do IQR foi possível analisar as condições do aterro sanitário, visto que se esse valor for de zero a seis o aterro sanitário apresenta condições inadequadas de funcionamento; se o valor do IQR for de seis a oito, o aterro sanitário apresenta condições controladas de funcionamento; e se o valor estiver compreendido entre oito e dez, o aterro sanitário apresenta condições adequadas de funcionamento, assim como apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação do aterro sanitário segundo o IQR

Valor do IQR	Condições do aterro sanitário
$0 < IQR < 6,0$	Condições inadequadas para o aterro sanitário
$6,0 < IQR < 8,0$	Condições controladas para o aterro sanitário
$8,0 < IQR < 10,0$	Condições adequadas para o aterro sanitário

Fonte: CETESB (1998).

5 RESULTADOS

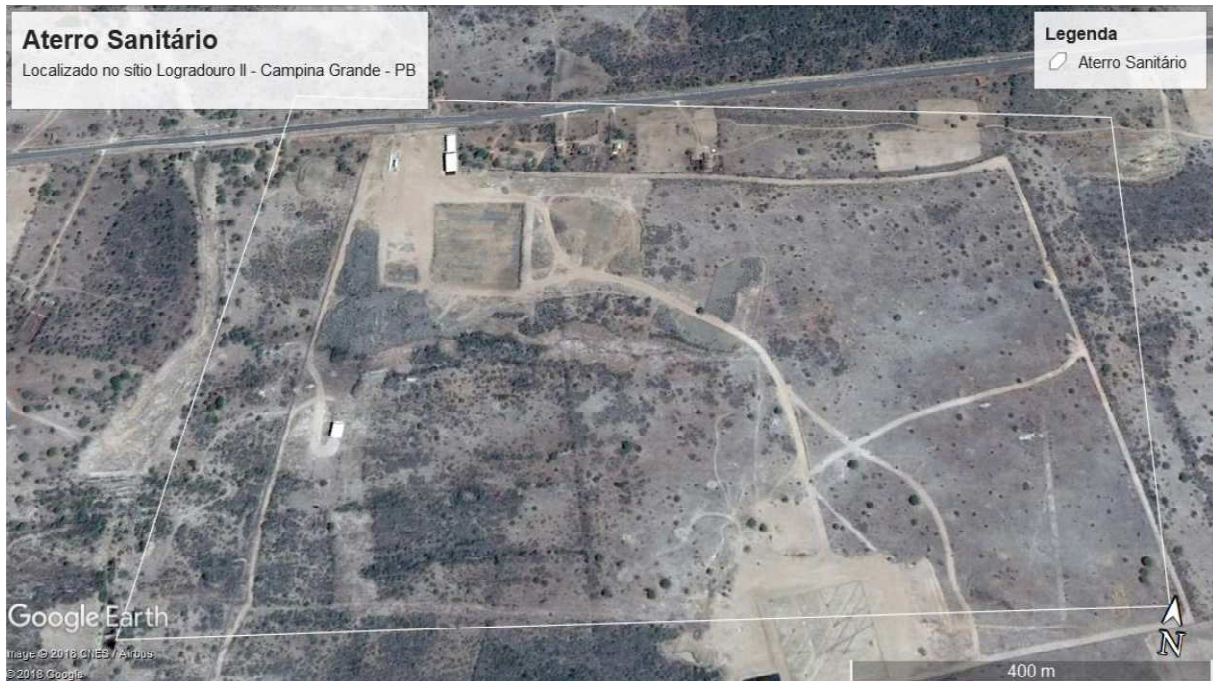
Nesta seção são apresentados os resultados da metodologia aplicada para avaliação do aterro sanitário de Campina Grande – PB, tendo sido organizada em duas subseções, uma com a caracterização do aterro sanitário e outra com a classificação do aterro segundo o IQR.

5.1 Caracterização do aterro sanitário

O primeiro macroconjunto trata dos fatores de ordem sanitária do IQR. Nesse macroconjunto o primeiro subitem a ser analisado é a capacidade de suporte do solo. De acordo com Silva (2017), o solo natural do aterro apresenta poucos finos e pelo estudo mineralógico que foi feito para fins do projeto do aterro não é um solo de característica expansiva. É também um solo onde com poucos metros de profundidade já se encontra uma rocha, sendo assim adequado para receber as cargas oriundas de uma célula de aterro sanitário.

O segundo subitem a ser analisado é a proximidade de núcleos habitacionais, que de acordo com o projeto do aterro sanitário e como constatado *in loco*, a distância do referido aterro aos núcleos habitacionais foi um dos motivos para a escolha do local, sendo essa distância superior a 500 metros. Tal fato também pode ser averiguado na seguinte imagem, retirada do *software* Google Earth (Figura 5), que não indica a existência de núcleos habitacionais no entorno da área do aterro.

Figura 5 - Localização do aterro sanitário, mostrando a não existência de habitações no seu entorno



Fonte: Google Earth (2015).

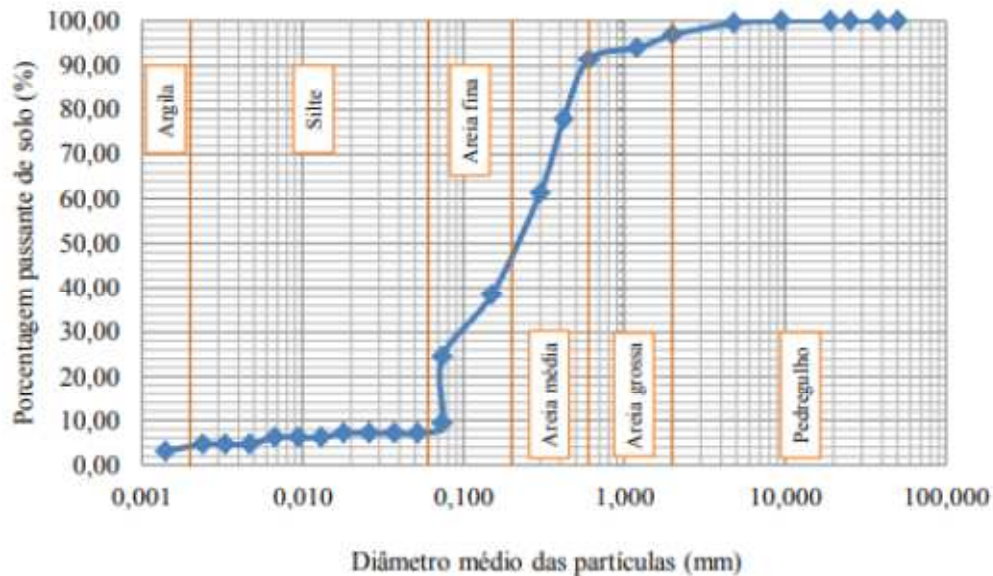
Quanto ao parâmetro proximidade de corpos d'água, da mesma forma que para o subitem anterior, o estudo de escolha da área de implantação do aterro mostra que essa exigência é atendida, visto que ela é superior a distância mínima de 200 metros, que é estabelecida pela CETESB.

Com os estudos de sondagem realizados e que constam no projeto de implantação do aterro sanitário em estudo, até uma profundidade de 20 metros, o lençol freático não foi localizado. Isso ocorre devido à proximidade existente entre o solo de cobertura e a rocha existente abaixo da área do local onde o aterro sanitário foi implantado.

Em seguida tem-se o item permeabilidade do solo. De acordo com Silva (2017) o ensaio de granulometria (Figura 6) realizado permite classificar o solo natural daquele local como uma areia argilosa mal graduada, com quantidade de finos variando de 5 a 12%, portanto trata-se de um solo granular. Devido ao fato de ser mal graduado há muitos vazios entre os grãos que o compõe, conferindo a esse solo alta permeabilidade, que não é algo bom para um solo de base de aterro. Como solução para isso, corrigiu-se o solo natural com bentonita (solo predominantemente argiloso) numa proporção de 20%, conferindo assim uma

maior capacidade de retenção de água e conferindo ao solo um coeficiente de permeabilidade (Tabela 5) da ordem de 10^{-7} m/s, passando a atender as prescrições estabelecidas.

Figura 6 - Curva de distribuição granulométrica do solo natural do aterro sanitário



Fonte: Silva (2017).

Tabela 5 - Coeficiente de permeabilidade máximo para material de cobertura do aterro

Referência	Coeficiente de permeabilidade à água a 20°C (m/s)
CETESB (1993), EPA (1993)	1×10^{-9}
NBR 13896 (1997)	1×10^{-8}

Fonte: Silva (2017).

O material destinado para cobrir as camadas das células do aterro sanitário é oriundo de desassoreamento de barragens (ARAÚJO, 2017). Assim, o responsável pelo funcionamento do aterro destina os caminhões para buscar o material que foi retirado e dispor em uma determinada área no aterro que serve para armazenar do solo que irá cobrir as camadas do aterro sanitário.

A qualidade desse material em linhas gerais é considerada boa, visto que dentre vários parâmetros analisados por Araújo (2017), a maioria apresenta-se dentro dos padrões estabelecidos, a exemplo da permeabilidade a água que não deve ser superior a 10^{-8} m/s de acordo com NBR 13896 (ABNT,1997); e análise granulométrica que de acordo com a CETESB(1993) deve possuir mais de 30% de finos e o solo apresenta 42% de argila.

O acesso ao aterro sanitário se dá pela rodovia PB-138 (Figura 7), que é toda pavimentada em asfalto, estando está em boas condições. No percurso ao aterro, existe placa indicativa de sua localização (Figura 8), bem como é possível ver que todo o local é cercado por estacas de concreto. As células de disposição dos resíduos estão localizadas em uma área mais interna que não é possível detectá-las logo da entrada, portanto, há um isolamento visual daquele ambiente.

Figura 7 - Acesso asfaltado e área cercada com estacas de concreto



Fonte: Autor.

Figura 8 - Placa indicativa de acesso ao aterro sanitário



Fonte: Autor.

O local onde o aterro foi implantado é uma área permitida para realização deste tipo de empreendimento, visto que foi concedida uma licença ambiental prévia, pois se localiza fora do perímetro urbano, e que, operando da maneira correta não causará nenhum dano ao meio ambiente.

O segundo macroconjunto trata dos fatores de ordem ambiental. A drenagem do chorume, como verificado durante a visita técnica e como consta em projeto, é feita através do sistema espinha de peixe, conduzindo o lixiviado até a base do aterro. Os drenos são constituídos de tubos perfurados de concreto coberto com camada de brita e em cada célula são utilizados nove drenos. O sistema de drenagem seguiu as especificações do projeto e funciona efetivamente segundo os operadores do aterro pois não há acúmulo do chorume nas células, com o líquido chegando e sua totalidade na lagoa de evaporação, que tem sua base impermeabilizada para evitar que o mesmo infiltre no solo. Caso haja vertimento nesta lagoa utiliza-se um caminhão pipa para recircular o chorume nas células.

A drenagem de águas pluviais é feita através de canaletas pré-moldadas de concreto. Toda a água é direcionada para uma lagoa de águas pluviais localizada fora dos limites do aterro sanitário e que é utilizada para a coleta de amostras para monitoramento da poluição do aterro.

A empresa responsável pelo gerenciamento do aterro deixa a disposição, no local onde o aterro foi implantado, máquinas pesadas (Figura 9) para que se faça o procedimento correto durante a disposição dos resíduos nas células. A exemplo disso tem-se um trator de esteira, caminhões caçambas e caminhão pipa.

Figura 9 - Trator de esteira (a), caminhão pipa (b)



Fonte: Autor.

Os acessos internos que interligam escritório/laboratório, a balança e as células, apesar de que poderiam receber algum tipo de pavimentação, são conservados em bom estado e a empresa disponibiliza de uma máquina motoniveladora para conservar as estradas internas.

Figura 10 - Condições dos acessos internos



Fonte: Autor.

Figura 11 - A esquerda está a balança e a direita o acesso a mesma



Fonte: Autor.

Como observado na Figura 10, existe uma guarita na entrada do aterro que sempre tem um vigilante controlando a entrada e saída dos caminhões e de pessoas. Na Figura 11 tem-se a balança que faz o controle de recebimento de cargas.

As águas subterrâneas são monitoradas pela Universidade Federal de Campina Grande, através de um convênio. Devido a inexistência de lençol freático no solo é feita a verificação nos poços para certificar-se de que realmente não há água, e, portanto, não há como identificar indícios de poluição.

O terceiro macroconjunto diz respeito aos fatores de ordem operacional. Constatando-se visualmente foi verificado que o aterro tem um controle em todas as etapas da disposição dos resíduos, não havendo ocorrência de resíduos descobertos, o que implica na ausência de moscas, urubus, ou qualquer outro tipo de animal/inseto atraídos por resíduos expostos. Não há criações de animais no aterro sanitário, nem presença de catadores, o que é comum em vazadouros a céu aberto.

O aterro sanitário recebe apenas resíduos sólidos urbanos oriundos do município de Campina Grande e municípios e empresas do entorno, não sendo permitido a disposição de resíduos de serviços de saúde e resíduos industriais.

5.2 Classificação do aterro sanitário segundo o IQR

Nas Tabelas 6, 7 e 8 são apresentados os valores de cada macroconjunto referente as condições sanitárias, ambientais e operacionais, respectivamente, bem como de cada subitem, preenchido conforme as informações levantadas para caracterização do aterro.

Tabela 6 – Valor obtido pelo macroconjunto da condição sanitária

Subitem	Avaliação	Peso	Valor
Capacidade de suporte do solo	Adequada	5	5
	Inadequada	0	
Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 m	5	5
	Próximo	0	
Proximidade de corpos d'água	Longe > 200 m	3	3
	Próximo	0	
	> 3 m	4	
Profundidade do lençol freático	1 a 3 m	2	4
	0 a 1 m	0	
	Baixa	5	
Permeabilidade do solo	Média	2	0
	Alta	0	
	Suficiente	4	
Disponibilidade de material para recobrimento	Insuficiente	2	4
	Nenhuma	0	
	Boa	2	
Qualidade do material para recobrimento	Ruim	0	2
	Boas	3	
Condições do sistema viário, trânsito e acessos	Regulares	2	3
	Ruins	0	
	Bom	4	
Isolamento visual da vizinhança	Ruim	0	4
	Local permitido	5	
Legislação da localização	Local proibido	0	5
	Subtotal 1		

Fonte: Autor

Tabela 7 - Valor obtido para o macroconjunto da condição ambiental

Subitem	Avaliação	Peso	Valor
Cercamento da área	Sim	2	2
	Não	0	
Portaria/guarita	Sim	2	2
	Não	0	
Impermeabilização de base de aterro	Sim/desnecessário	5	5
	Não	0	
Drenagem do chorume	Suficiente	5	5
	Insuficiente	1	
	Inexistente	0	
Drenagem de águas pluviais (definitiva)	Suficiente	4	4
	Insuficiente	2	
	Inexistente	0	
Drenagem de águas pluviais (provisória)	Suficiente	2	2
	Insuficiente	1	
	Inexistente	0	
Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5	5
	Periodicamente	2	
	Inexistente	0	
Outros equipamentos, trânsito e acesso	Sim	1	1
	Não	0	
Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5	5
	Insuficiente/Inexistente	0	
Acesso à frente de trabalho	Bom	3	3
	Ruim	0	
Vigilantes	Sim	1	1
	Não	0	
Sistema de drenagem de gases	Suficiente	3	3
	Insuficiente	1	
	Inexistente	0	
Controle do recebimento de cargas	Sim	2	2
	Não	0	
Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3	3
	Insuficiente	2	
	Inexistente	0	
Atendimento às especificações do projeto	Sim	2	2
	Parcialmente	1	
	Não	0	
Subtotal 2		45	

Fonte: Autor.

Tabela 8 - Valor obtido para o macroconjunto da condição operacional

Subitem	Avaliação	Peso	Valor
Aspecto geral	Bom	4	4
	Ruim	0	
Ocorrência de lixo a descoberto	Não	4	4
	Sim	0	
Recobrimento do lixo	Adequado	4	4
	Inadequado	1	
	Inexistente	0	
Presença de urubus ou gaivotas	Não	1	1
	Sim	0	
Presença de moscas em grandes quantidades	Não	2	2
	Sim	0	
Presença de catadores	Não	3	3
	Sim	0	
Criação de animais	Não	3	3
	Sim	0	
Descarga de resíduos de serviços de saúde	Não	3	3
	Sim	0	
Descarga de resíduos industriais	Não/adequado	4	4
	Sim/inadequado	0	
Funcionamento de drenagem pluvial definitiva	Bom	2	2
	Regular	1	
	Inexistente	0	
Funcionamento de drenagem provisória	Bom	2	2
	Regular	1	
	Inexistente	0	
Funcionamento de drenagem do chorume	Bom	3	3
	Regular	2	
	Inexistente	0	
Funcionamento do sistema de tratamento do chorume	Bom	5	5
	Regular	2	
	Inexistente	0	
Funcionamento do sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2	2
	Regular	1	
	Inexistente	0	
Eficiência da equipe de vigilantes	Bom	1	1
	Ruim	0	
Manutenção dos acessos internos	Boa	2	2
	Regular	1	
	Inexistente	0	
Subtotal 3		45	

Fonte: Autor.

Utilizando a Equação 1 podemos obter o valor do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR) que foi de 9,61 para o aterro sanitário localizado no município de Campina Grande. De acordo com a metodologia adotada, com este valor do IQR tem-se que o aterro sanitário em estudo apresenta **condições adequadas** de funcionamento. Visto que tal valor se enquadra na faixa compreendida entre $8,0 < \text{IQR} < 10,0$.

6 DISCUSSÃO

No primeiro macroconjunto, que trata dos fatores de ordem sanitária, dos dez subitens analisados apenas um não foi favorável para o valor do IQR, que é a permeabilidade do solo, que por se tratar de um solo granular com pouca quantidade de finos, apresenta grande número de vazios facilitando a percolação da água ou até mesmo do lixiviado. O local de implantação do aterro sanitário favoreceu bastante para um bom valor de IQR, visto que a capacidade de suporte do solo é boa, inexistente lençol freático e que é de fácil acesso.

Nos fatores de ordem ambiental o índice obteve nota máxima em todos os subitens, sendo que um problema existente é que o índice não analisa o tratamento dos gases que são lançados na atmosfera. Da forma como o aterro funciona, há drenagem dos gases do interior das células, porém esses gases não são tratados, sendo lançados diretamente na atmosfera, Caso esse parâmetro fosse analisado representaria melhor as condições do aterro sanitário, visto que, por não haver tratamento o valor do IQR diminuiria. Também é importante essa análise porque se trata de uma questão ambiental, que hoje deve ser uma prioridade na disposição de resíduos sólidos.

Os fatores de ordem operacional também obtiveram nota máxima em todos os subitens, condizendo com o observado no local. A forma como o aterro sanitário é gerido é com bastante cuidado para que realmente se caracterize como aterro sanitário. Algo que chama a atenção é a disponibilidade de máquinas, o que faz com que os responsáveis não permitam a ocorrência de resíduos expostos.

A utilização do índice como ferramenta de análise da qualidade dos aterros sanitários é bastante viável, pois leva em consideração parâmetros relevantes da instalação e operação do aterro sanitário.

7 CONCLUSÃO

Com as condições que se encontra e com o modo como é operado, o aterro sanitário da cidade de Campina Grande-PB apresenta boas condições de funcionamento. Para que realmente houvesse sua implantação, houve um amplo estudo para escolher o local, e após escolhido definiu-se cada detalhe de instalação, operação e manutenção deste aterro. O projeto do aterro sanitário apresenta com detalhes as etapas de operação, o que possibilita o funcionamento daquele aterro da forma correta.

O índice que foi utilizado como ferramenta para avaliar o aterro sanitário apresenta um resultado que bastante se aproxima da realidade. O aterro sanitário apresentou, de acordo com o índice, um parâmetro desfavorável, que foi o responsável por diminuir seu valor do IQR. Essa diminuição no valor representa características desfavoráveis a implantação do aterro ou a forma como o mesmo é operado.

O valor obtido para o IQR foi de **9,61**, valor bastante próximo ao máximo e que permite classificar o aterro sanitário com **condições adequadas** de funcionamento, isso mostra que mesmo com algumas falhas o aterro sanitário está sendo bem gerido, e sem causar danos alarmantes ao meio ambiente.

8 REFERÊNCIAS

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2016**. São Paulo: Abrelpe, 2016.

ALVES, João Eduardo Prado. **Índice de qualidade de aterro de resíduos**: um estudo de caso nos municípios de Campo Mourão e Cianorte – Paraná. 2015. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

AMORIM, A. P. et al. **Lixão municipal**: abordagem de uma problemática ambiental na cidade do Rio Grande – RS. *Ambiente & Educação*, [i.l], v. 15, n. 1, p.159-178, 2010.

ARAUJO, P. S. **Análise do desempenho de um solo compactado utilizado na camada de cobertura de um aterro sanitário**. 2017. 139 f. Dissertação (mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 10006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro, 1993.

BELTRAME, T. V. **Diagnóstico dos resíduos gerados e viabilidade de implantação da coleta seletiva em um município do Rio Grande do Sul/RS**. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2012, Goiânia, 19 - 22 nov.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2010.

BRASIL. **Planos Estaduais de Resíduos Sólidos**: Orientações gerais. Brasília, 2011.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. São Paulo: Humanistas, 1997.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Resíduos Sólidos Industriais**. 2. ed. São Paulo: CETESB, 1993. 233p

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. Brasília: IPT/CEMPRE, 2002.

FARIA, F. S. **Índice da qualidade de aterros de resíduos urbanos**. 2002. 312 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

GASPAR, M. **Sambaqui**: Arqueologia do litoral brasileiro. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2004.

GODECKE, M. V.; NAIME, R. H.; FIGUEIREDO, J. A. S. **O consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*. [s.l.], v. 8, n. 8, p.1700-1712, 11 jan. 2013.

GOMES, N. A. **Análise da toxicidade do lixiviado gerado em uma célula do aterro sanitário em Campina Grande – PB**. . 2017. 88 f. Dissertação (mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

HEMPE, C.; NOGUERA, J. O. C. **A educação ambiental e os resíduos sólidos urbanos**. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental REGET/UFSM*. [s.l.], v. 5, n. 5, p.682-695, 2012.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**. 12ª ed. São Paulo: Malheiros, 2004.

MARANHÃO, N. **Sistema de indicadores para planejamento e gestão dos recursos hídricos de bacias hidrográficas**. 2007. 422 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MELLER, C. J. R. N. **A PNRS e a determinação das obrigações**: Obrigações para União, Estados, Municípios, setor empresarial e sociedade. 2015. Disponível em:

<<https://nardes.jusbrasil.com.br/noticias/193427340/a-pnrs-e-a-determinacao-das-obrigacoes>>. Acesso em: 01 maio 2018.

OBLADEN, N. L.; OBLADEN, N. T. R.; BARROS, K. R. **Guia para elaboração de projetos de aterros sanitários para resíduos sólidos urbanos**. Série de publicações temáticas do CREA-PR, v. 2, 2009.

OGATA, I. S. **Desenvolvimento do índice de pobreza hídrica para a bacia hidrográfica do rio Paraíba**. 2014. 104 f. Dissertação (mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C. **Aplicação do índice de qualidade de aterros de resíduos sólidos urbanos no aterro sanitário de Puxinanã/PB. Sustentabilidade em Debate**, [s.l.], v. 8, p.108-124, 30 abr. 2017.

PIRETE, L. M.; OLIVEIRA, B. F. F.; VASCONCELOS, M. G. **Avaliação da área de disposição final de resíduos sólidos urbanos no município de Araguari utilizando o índice de qualidade de aterros de resíduos - IQR**. Revista Agrogeoambiental, [s.l.], p.25-32, set. 2014.

ROSSI, P.; MELLO, G. **Choque recessivo e a maior crise da história: a economia brasileira em marcha à ré**. [i.l.]: Centro de Estudos de Conjuntura e Política Econômica - Ie/Unicamp, 2017.

SANTOS, A. L. F.; HARAGUCHI, M. T. **Índice de qualidade de aterro de resíduos (IQR), como subsídio para avaliar o sistema de disposição final do município de Anápolis-Go**. Scientia Plena, v. 8, n. 10, p. 1-20, 2012.

SICHE, R. et al. **Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países**. **Ambiente & Sociedade**, [s.l.], v. 10, n. 2, p.137-148, 2007.

SILVA, T. F. **Estudo de mistura de solos para impermeabilização eficiente de camada de base de aterros sanitários**. 2017. 91 f. Dissertação (mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.