

ANÁLISE E ALTERNATIVA DE DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM LAGOA FORMOSA/MG

Marina Isabela Rodrigues dos Reis¹

Júnio Fábio Ferreira²

Carla Ferreira Silva³

Resumo: A construção civil no Brasil é indispensável para o desenvolvimento econômico e social do país. Em contrapartida, é um setor que gera muitos impactos ambientais, pelo consumo de recursos naturais e, principalmente, pela geração de resíduos sólidos. Deste modo, julga-se de extrema importância o estudo da geração e destinação de resíduos da construção e demolição, bem como formas de classificação, diminuição e reaproveitamento dos mesmos, a fim de tornar-se possível a elaboração de propostas para a melhor destinação final, econômica e ecologicamente dos materiais provenientes de resíduos da construção civil. Diante disto, o presente trabalho apresenta uma análise do cenário atual da geração de resíduos da construção civil e demolição no município de Lagoa Formosa/MG e expõe uma proposta de implantação e operação de aterro para solucionar possíveis problemas que podem ocorrer na área de descarte irregular. Realizou-se a pesquisa com o objetivo de analisar a atual gestão de controle e as formas de descarte dos Resíduos de Construção e Demolição na cidade. Neste contexto serão apresentadas as características da área em estudo e o funcionamento da gestão de resíduos. Os resultados obtidos pelas visitas e estudo de caso sobre a gestão de Lagoa Formosa deixam claro os vários problemas provenientes do descarte dos resíduos da construção, pois a cidade não possui aterro que seja controlado e nem usina de triagem para a reciclagem dos mesmos, sendo assim, os resíduos são depositados diretamente no solo, contrariando a Resolução CONAMA 307 (2002). Verificou-se que os resíduos também são dispostos de forma irregular em canais de água e a céu aberto, bem como em lotes vagos. Para os fins de recolhimento citados anteriormente a Prefeitura Municipal é a principal encarregada do serviço. O trabalho inclui, portanto, sugestões para melhorar a gestão e propõe um aterro controlado para depósito dos materiais.

Palavras-chave: Gestão de Resíduos da Construção Civil. Destinação Final. Lagoa Formosa. Aterro Controlado.

¹ Graduada em Engenharia Civil com Especialização em Engenharia de Segurança do trabalho pela Faculdade FINOM de Patos de Minas. E-mail: marinaisabela.2812@gmail.com

² Licenciado em Matemática pelo Centro Universitário de Patos de Minas. Mestrando em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Uberlândia. Professor e coordenador de Estágio Supervisionado e Pós Graduação da Faculdade Finom de Patos de Minas. E-mail: juniofabio5@hotmail.com.

³ Engenheira Civil pelo Centro Universitário de Patos de Minas. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Uberlândia. Professora do curso de Engenharia Civil da Faculdade Finom de Patos de Minas. E-mail: carlaf@live.com

Abstract: Civil construction in Brazil is indispensable for the economic and social development of the country. On the other hand, the sector generates many environmental impacts, by the consumption of natural resources and, mainly, by the generation of solid residues. In this way, it is considered extremely important to study the construction and demolition waste, as well as study the classification, reducing and reusing ways of it, in order to make it possible to prepare proposals for the best final destination, economically and ecologically from materials from construction waste. Therefore, the present work presents an analysis of the current scenario of the generation of construction and demolition waste in Lagoa Formosa/MG city and presents a landfill proposal for the implementation and operation to solve the problems that may occur in the area of irregular disposal. The research was carried out with the objective of analyzing the current control management and the forms of disposal of the Construction and Demolition Waste in the city. In this context the characteristics of the area under study and the operation of waste management will be presented. The results obtained by the visits and case study on Lagoa Formosa management, make clear the many problems arising from the disposal of construction waste, as the city doesn't have a controlled landfill and doesn't use a screening plant to recycle them. The residues are deposited directly in the ground, contradicting to CONAMA Resolution 307, 2002. It was verified that the residues were also irregularly disposed in open-cast and waterway, as well as in vacant lots. For the aforementioned purposes of recollection, the City Hall is the main person in charge of the service. The work therefore includes suggestions for improving management and proposes a controlled landfill for the materials deposit.

Keywords: Civil Construction Waste Management. Final Destination. Lagoa Formosa. Controlled landfi.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o ambiente urbano tem passado por um grande e acelerado desenvolvimento. A construção civil é de extrema importância para esse crescimento e de sumo valor para o desenvolvimento nacional, pois cria empregos e renda para a população, além de aprimorar recursos tecnológicos e inovadores. O claro crescimento populacional traz consigo uma grande preocupação ambiental, tornando essencial a criação de medidas para conseguir o desenvolvimento sustentável.

Segundo Bernardes (2003), a construção civil, em termos econômicos, representa aproximadamente 16% do PIB brasileiro, sendo a segunda maior atividade do setor econômico do país, ficando atrás apenas da agroindústria. Contudo, o setor é um grande gerador de impactos ambientais, por meio do gasto de recursos naturais e principalmente pela geração de resíduos sólidos.

Conforme Fraga (2006), especificamente no Brasil, a produção de entulho proveniente da construção civil é estimada em 685.000.000 toneladas. O autor cita ainda que além do

descarte irregular de resíduos, a construção civil causa ainda várias alterações no meio ambiente, desde as etapas iniciais de processos de extração de matérias-primas, como durante toda vida útil de cada edificação.

Pinto (1999) argumenta que os resíduos gerados por construções e demolições representam um total entre 34 % e 70% da massa total dos resíduos sólidos urbanos brasileiros. Neste contexto, a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2017) destaca que essa ampla massa de resíduos, quando é mal gerenciada, pode degradar a qualidade de vida da população urbana, sobrecarregando os serviços municipais de limpeza pública. Diante da necessidade da gestão e manejo corretos desses resíduos, foi publicada a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (2002) para dar uma destinação final adequada para esses resíduos.

Conforme a Resolução do CONAMA de 5 de julho de 2002, os Resíduos da Construção e Demolição (RCD) são derivados de construções, reformas ou demolições e compostos por um conjunto de materiais, tais como: blocos cerâmicos, concreto em geral, madeiras e compensados, argamassa, gesso, telhas, entre outros.

Segundo Mahler e Nunes (2004), a grande maioria dos RCD é resíduo inativo e de baixa periculosidade e os choques ambientais obtidos originam-se essencialmente do expressivo volume gerado e da sua disposição ilegal em locais inadequados, tais como ruas, calçadas, terrenos baldios, encostas, leitos de córregos e rios, e nos conhecidos “bota-foras”, entre outros.

Silva (2016) assegura ainda que os bota-foras, os locais de deposições irregulares, são propícios para roedores, aracnídeos e insetos transmissores de endemias e causam impactos ambientais, como a deterioração de áreas de preservação, assoreamento de córregos e rios, obstrução de vias e logradouros públicos, entre outros, que tantos malefícios causam as pessoas e ao meio ambiente, afetando assim a saúde pública.

Como foi mencionado, são vários os problemas derivados da má administração dos resíduos gerados pela construção civil, dentre eles principalmente a poluição. Diante disso surge a preocupação sobre sua destinação final e como criar alternativas que visem a preservação do ambiente. O adequado gerenciamento dos resíduos de construção e demolição gerados nos municípios, sejam estes de pequeno ou grande porte, representa um dos principais desafios a serem enfrentados pela administração pública.

O conceito de desenvolvimento sustentável e a globalização causaram ampliação na busca de inovações e melhoria nas técnicas de reaproveitamento de RCD, bem como maior preocupação e criação de alternativas para destinação apropriada dos mesmos em todo mundo (SILVA,2016).

Ângulo et al. (2011) notam que as disposições irregulares de RCD e os aterros clandestinos, ocasionados pela ausência de gerenciamento, tornaram-se um fato comum no território nacional. Mahler e Nunes (2004) ainda afirmam que o exercício de disposição ilegal é notada frequentemente em quase todas as cidades brasileiras.

A cidade de Lagoa Formosa - MG vem apresentando nos últimos anos um considerável crescimento urbano e, conseqüentemente, houve um aumento significativo da produção de RCD. No entanto, não existem estimativas do volume produzido e os mesmos são descartados em áreas irregulares de bota-fora, aterros clandestinos ou em áreas públicas (ruas, estradas rurais e outros) e em terrenos baldios.

Para que novas alternativas e novos procedimentos de gestão dos resíduos sejam adotados faz-se necessário que haja estudos para diagnosticar a quantidade e as qualidades dos resíduos da construção civil gerados nos municípios.

Diante disso, o presente trabalho tem por finalidade apresentar uma análise do cenário atual da geração de resíduos da construção civil e demolição no município de Lagoa Formosa/MG, bem como mensurar a quantidade de resíduos gerados em Lagoa Formosa, planejar a recomposição de áreas erosivas impactadas com disposição adequada de RCD, através da apresentação de um projeto de implantação e operação de um aterro planejado na área impactada como alternativa técnica, econômica e ambientalmente viável para destinação final dos RCD produzidos no município, minimizando os impactos ambientais atuais, preenchendo a área erosiva e beneficiando à saúde pública.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentado, a importância socioeconômica que as indústrias da construção civil têm no país, mostrar o cenário atual de descarte dos resíduos de construção no Brasil e no mundo, apresentar a definição, classificação, destinação e responsabilidades dos RCD segundo a resolução 307 do Conama (2002), além dos impactos que os mesmo

causam na ambiente urbano e as diretrizes para implantação de aterros para armazenamento dos mesmos.

2.1 A IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

A construção civil é um ramo de suma importância para o desenvolvimento econômico e social em todo o mundo. No Brasil não é distinto. Pinto (1999) argumenta que o valor do setor pode ser visto através de indicadores econômicos, como em 2002 que sua participação no Produto Interno Bruto brasileiro correspondeu a 8%.

Castro (2015) acrescentou que Robson Braga de Andrade, presidente da Confederação Nacional da Indústria (CNI), conclui que a construção é importante para o avanço do país, uma vez que arquiteta obras que sustentam o progresso, cria emprego e renda para a população e aperfeiçoam recursos tecnológicos inovadores.

Além disso, segundo Castro (2015), dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) mostram que, em 2010 a construção civil empregava cerca de 2,5 milhões de pessoas no Brasil que receberam naquele ano R\$ 41,9 bilhões em salários e outras retiradas e mais R\$ 21,2 bilhões em pagamentos indiretos com os empregados, perfazendo um total de R\$ 63,1 bilhões, correspondendo a 30,7% de todos os gastos e custos desse setor naquele ano.

O autor acrescenta ainda que, os estímulos à construção civil são de elevada importância para a economia, acrescentando no bem estar da população, dando melhores condições das pessoas viverem, além de ajudar o país a ter mais condições e capacidade de elevar a sua produção.

Diezel (2006) argumenta que, o núcleo do Macrossetor da Construção Civil, pode ser dividido em algumas atividades específicas distintas, das quais o setor de construção de obras novas de Engenharia Civil lidera com 32 % das construções.

2.2 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO MUNDO E NO BRASIL

Segundo Marques Neto (2004), os RCD são parte integrante dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e representam atualmente, um dos maiores problemas para o saneamento

municipal. O autor comenta ainda que a maioria dos municípios não está preparada nem estruturada para gerenciar esses resíduos e os problemas acarretados por ele.

Em concordância, Spadotto e Batista (2014) afirmam que a quantidade de resíduos gerados por um município é, na maioria das vezes, diretamente proporcional ao seu nível de crescimento e desenvolvimento. De tal modo, é bem provável que os problemas relacionados com a gestão de resíduos sejam mais intensos nas regiões metropolitanas do país. Os autores explicam ainda que o volume dos RCD é crescente, conforme o avanço da população, e da precisão de consumo.

Pensando nisso, países como a Bélgica, Holanda e Dinamarca estabelecem punições rigorosas e o contam com o apoio da sociedade para determinar que as empresas atuem de maneira consciente com o meio ambiente, além de inserir a reciclagem e o reaproveitamento em suas agendas políticas anuais (SPADOTTO E BATISTA, 2014).

Segundo Pinto (1999), a maioria dos países europeus e o Japão, possuem as políticas mais elaboradas e estabilizadas, e em função de sua grande industrialização e sua escassez de recursos naturais; devido a isso foram os pioneiros na ampliação de esforços para o conhecimento e controle dos RCD.

Segundo a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2017), a partir do ano de 2002 destaca-se no Brasil, o estabelecimento de políticas públicas, normas, especificações técnicas e instrumentos econômicos, voltados à resolução dos problemas resultantes do manejo e disposição impróprios dos resíduos da construção civil.

Para Ângulo et al. (2011), no Brasil a tarefa de quantificação destes resíduos é um pouco complicada, pois não há conhecimento na maioria das vezes da quantidade de uma importante fonte na geração dos RCD, que são os pequenos geradores de construções e reformas. Os dados estatísticos estão indisponíveis e podem representar uma quantidade importante dos RCD, porém muitas vezes desconhecida dentro de um município.

Para Marques Neto (2004), no Brasil, a geração contínua e crescente de RCD está absolutamente ligada ao elevado desperdício de materiais na concretização das construções.

Uma pesquisa da ABRELPE- Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos especiais (2015), realizada junto aos municípios brasileiros, mostra que no ano de 2013 foram coletados mais de 117 mil toneladas de RCD por dia no Brasil, porém a quantidade total de resíduo é ainda maior, pois, de acordo com a pesquisa, os municípios coletam dados apenas superficiais e não é possível obter informações abrangentes sobre a

gestão de RCD, devido principalmente as pequenas construções. Nota-se também segundo a pesquisa que mesmo em 2015 muitos municípios brasileiros não possuem planos completos e bem elaborados acerca de resíduos provenientes das construções.

Tavares (2008), completa ainda que 59% dos resíduos são derivados de demolições, novas construções com mais de 300m² representam apenas 21% da massa total, seguido pelas construções menores que 300m² que tem como percentual 20% do total.

Ângulo et al. (2011), comenta ainda, que comumente nos resíduos de demolição e construção no Brasil, possui componentes inorgânicos e minerais, como concretos, argamassas e cerâmicas, e ainda componentes orgânicos, plásticos, materiais betuminosos, geralmente apresentam em maior quantidade: Concretos e argamassas; blocos, tijolos e lajotas; solos, areia e argila; asfalto; metais; madeira; gesso; materiais como papel, plástico e borracha.

2.3 RCD- RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

A seguir serão apresentados os conceitos de classificação e legislação para resíduos de construção e demolição no Brasil, ditados na Resolução 307 Conama, 2002.

1.3.1 Definição, classificação, destinação e responsabilidades.

Segundo a Resolução do Conselho Nacional de Meio ambiente- Conama 307/02. Brasil, 2002, p.1 a definição para resíduos da construção civil é a seguinte:

São provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Para Tavares (2008) os RCD são como todo rejeito de material utilizado na execução de obras de construção civil, podendo ser provenientes de novas construções, reformas, reparos, restaurações, demolições e obras de infraestrutura.

A referida resolução (2002 p.3) também classifica estes resíduos em:

I- Classe A: são os resíduos reutilizáveis como agregados tais como: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa, concreto, blocos, tubos, etc.

II- Classe B: são os resíduos recicláveis para diferentes destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso.

III- Classe C: são os resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações viáveis economicamente que permitam a sua reciclagem ou recuperação.

IV- Classe D: são resíduos perigosos presentes na construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde que originam de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, como também telhas e demais materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Quanto a destinação adequada deverá ser prevista de acordo com o estabelecido desta Resolução.

I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou conduzidos a aterro de resíduos classe A de armazenagem para uso futuro do material;

II - Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento passageiro, sendo armazenados de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

III - Classe C: deverão ser transportados, destinados e armazenados, em conformidade com as normas técnicas características.

IV - Classe D: deverão ser reutilizados, armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Cavalcante e Ferreira (2007) advertem que, para a destinação certa e adequada de um resíduo, é essencial que este seja classificado em concordância com as normas brasileiras vigorantes.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 10004/2004 – “Resíduos Sólidos – Classificação” permite a classificação dos resíduos sólidos, quanto a categoria do procedimento, as atividades que lhe originaram, e as substâncias que podem gerar impactos relevantes ao meio ambiente e a saúde pública. Assim sendo, a ABNT NBR 10004/2004, classifica os resíduos sólidos em: Resíduos classe I - São perigosos; Resíduos

classe II – Não são perigosos; Resíduos classe II A – Não são inertes; Resíduos classe II B – São Inertes.

Sendo assim, segundo Santos (2012), fundamentado na NBR 10004 os entulhos de construção e demolição, se encaixam na classe de resíduos não perigosos e inertes, que têm propriedades de não se decomporem e de não passarem por nenhuma mudança em sua composição com o passar do tempo. Esses resíduos inertes podem ser dispostos em aterros sanitários ou serem reciclados.

Cavalcante e Ferreira (2007) destacam também que, com relação à regulamentos da ABNT, foram produzidas outras diversas normas referentes à gestão e disposição dos RCD, pelo CB2 - Comitê Brasileiro da Construção Civil, listadas a seguir:

- NBR 15112/2004 – Resíduos de construção Civil e Resíduos Volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15113/2004 – Resíduos Sólidos da Construção Civil e Resíduos Inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15114/2004 – Resíduos Sólidos da Construção Civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15115/2004 – Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos;
- NBR 15116/2004 – Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

Tavares (2008) observa ainda que as NBRs citadas acima foram criadas diante da ausência de gerenciamento dos RCD por parte das administrações municipais e perante os impactos ambientais, econômicos e sociais que esses resíduos causam.

Quando se trata de responsabilidades devemos pensar que o gerenciamento dos resíduos naturais da construção e demolição não deve ter ação corretiva, mas sim uma ação educativa (KARPINSKI et al. 2008). Os autores comentam ainda que é necessário a criação de condições para que as empresas envolvidas na cadeia de geração possam cumprir suas responsabilidades sem produzir impactos socialmente negativos. Com isso traçar políticas fundamentadas em estratégias sustentáveis.

É de responsabilidade dos municípios a solução para os pequenos volumes de RCD, que geralmente são dispostos em locais inapropriados. Quanto aos grandes volumes, devem ser definidas e licenciadas áreas para o manejo dos resíduos, em conformidade com a resolução nº. 307/02 (Brasil, 2002), cadastrando e formalizando a presença dos transportadores dos resíduos e fiscalizando as responsabilidades dos geradores, inclusive quanto ao desenvolvimento de projetos de gerenciamento (KARPINSKI ET AL. 2008, p.73).

Quando se trata de coleta e transporte à resolução 307 completa que os resíduos provenientes dos pequenos geradores são de responsabilidade das prefeituras dos respectivos municípios, que devem fiscalizar coletar e transportar os mesmos para áreas de recepção de pequenos volumes, a fim de que o material não seja descartado em áreas irregulares. Analisando trabalhos anteriores, é possível verificar também que os problemas causados pelas deposições irregulares de RCD se iniciam dentro da própria fonte geradora.

2.4 GESTÃO DOS RCD

A referida Resolução 307 do CONAMA (2002) define a gestão de resíduos como sendo, um conjunto de atos voltados para a procura de soluções para os resíduos, de forma a analisar as dimensões em áreas política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

Essa Resolução CONAMA 307 foi alterada pela Resolução 348 em 2004, que definiu que o gerador também tivesse responsabilidade pelo gerenciamento desses resíduos. Essa medida foi um marco importante, pois, determinou responsabilidades para todos os envolvidos. Diante disso o município deve ter: Programa Municipal de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil, com as diretrizes, técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores e transportadores e Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil que orientem, disciplinem e expressem o compromisso de ação correta por parte dos grandes geradores de resíduos, tanto públicos quanto privados.

KARPINSKI et al. 2008, afirmam ainda que cabe ao município quando for desenvolver o Plano de Gerenciamento o município pensar ações que visam principalmente os fatos citados: Destinação adequada; Controle das opções de aterro; Melhoria da paisagem urbana e de limpeza pública; Preservação ambiental; Incentivo à redução de resíduos; Reciclagem e aproveitamento de resíduos.

2.5 IMPACTOS DOS RCD NO CENÁRIO URBANO

O desordenado crescimento da população mundial impulsionou o aumento da demanda por bens e serviços, isso acabou afetando de forma significativa o meio ambiente (MARQUES NETO, 2004).

Fogliatti et al. (2004) descrevem como impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e/ou biológicas do meio ambiente, provocada indireta ou diretamente por atividades humanas que podem afetar a saúde, e qualidade dos recursos naturais.

Segundo Diniz et al. (2012), dentro do grande problema da poluição ambiental, um fator importante se refere ao aumento da geração dos resíduos RCC ou Resíduos da Construção Civil também conhecidos como Resíduos de Construção e Demolição (RCD) que representam uma grande parcela do fluxo de resíduos sólidos gerados pelas cidades. Para Santos (2012) a construção civil é uma das atividades que mais polui o meio ambiente.

Na Figura 1 mostra-se resíduos depositados ilegalmente dentro dos centros urbanos, os mesmos podem causar diversos problemas ao meio ambiente, principalmente depois de chuvas no local.

Figura 1- Impactos dos RCD no cenário urbano.



Fonte: Zamarchi (2015).

Os impactos negativos ocasionados ao ambiente pelos RCD variam conforme a sua natureza, especialmente no que diz respeito aos resíduos graves que podem compor. Contudo, como a maioria dos componentes desses resíduos não é perigosa, os principais problemas ambientais segundo Pinto (1999) são: Deterioração das áreas de proteção permanente e de mananciais, desenvolvimento de agentes que podem transmitir doenças, além disso, pode

ocasionar assoreamento de córregos e rios , a obstrução dos sistemas de drenagem e a poluição da paisagem pública e urbana.

2.6 ATERROS - DIRETRIZES

Conforme a norma brasileira NBR 15849 (ABNT, 2010), aterro sanitário é um método para dispor resíduos sólidos urbanos no solo, sem ocasionar lesões à saúde pública, com segurança e de modo a tornar mínimos os impactos ambientais. Essa técnica emprega princípios de engenharia para juntar os resíduos sólidos à menor área aceitável e diminuir o volume permitido, cobrindo-os com uma camada de terra no acabamento de cada jornada, ou em intervalos menores, se for o caso.

Mahler e Nunes (2004) notam que o crescimento significativo dos aterros clandestinos em áreas de importância ambiental, nos médios e grandes centros urbanos, resultam em amplos impactos no ecossistema. Estes aterros clandestinos, por serem construídos sem fundamento técnico, poderão apresentar sérios problemas ao meio ambiente, como recalque, enchentes, ou poluição de rios próximos.

Segundo Pandolfo et al. (2009), para viabilizar o manejo correto dos resíduos de construção e demolição em áreas específicas, no caso os aterros de RCD, elaborou-se a ABNT NBR 15113/2004 – “Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação: solução adequada para disposição dos resíduos Classe A”, de acordo com a Resolução 307/02, considerando critérios para preservação dos materiais para uso futuro ou disposição adequada ao aproveitamento posterior da área.

O Ministério do Meio Ambiente (2010) afirma que, o destino final dos RCD deve priorizar as soluções de reutilização e reciclagem ou, quando isso não é possível, seu descarte em aterros controlados pode se tornar uma solução interessante para regiões onde o material já é depositado sem planejamento.

Para isso é necessário adotar como alternativa o Aterro de Resíduos de Construção Civil, como indicado na Resolução 307 do CONAMA e a pela ABNT. Com isso ficam proibidos os conhecidos “botas foras” e esse tipo de aterro poderá ser executado em duas hipóteses: ou para a correção de nível de terrenos, para uma ocupação futura dos mesmos (disposição definitiva); ou para a reservação (disposição temporária) dos resíduos de

concretos, alvenarias, argamassas, asfalto e de solos limpos, visando ao seu aproveitamento futuro.

Para os aterros de resíduos sólidos da construção civil, ABNT NBR 15113/2004 orienta que:

- Somente devem ser depositados no aterro os resíduos inertes e da construção civil;
- Os resíduos aceitos devem ser previamente triados, em áreas de transbordo ou em área de triagem estabelecida no próprio aterro, de modo que nele sejam dispostos apenas os resíduos de construção civil classificados como classe A e resíduos inertes;
- Os resíduos devem ser dispostos em camadas sobrepostas, começando por cotas mais baixas e não será permitido o despejo pela linha de topo. A disposição de resíduos deve ser feita de forma organizada, auxiliando na reutilização ou reciclagem no futuro; devem ser segregados os solos, os resíduos de concreto e alvenaria, os resíduos de pavimentos viários asfálticos e os resíduos inertes;
- Necessita ser feito até o fim da vida útil, em todo o período de instalação registros da descrição e quantidade de cada resíduo recebido e a data de acomodação.

Como proposta inicial de diretrizes para licenciamento a norma NBR 15113/2004 cita que os aterros de resíduos da construção civil e inertes, destinados à disposição exclusiva de resíduos classe A triados, ficam sujeitos ao licenciamento ambiental quanto à localização, à instalação e à operação, no âmbito dos órgãos municipais ou estaduais de meio ambiente, apenas os aterros de pequeno porte que tenham finalidade imediata de funcionamento deverão ficar dispensados de licença ambiental.

A norma ainda dita diretrizes como critérios para localização, acessos, isolamento, sinalização e análise dos resíduos antes da disposição em aterros. Para complementar ainda, segundo Cavalcante e Ferreira (2007), necessita-se de uma implementação de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, a ser elaborado pelos municípios, o mesmo necessitará de um Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, que deverá estabelecer diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores junto ao município.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o presente trabalho desenvolveu-se um estudo de caso referente à gestão de resíduos de construção e demolição do município de Lagoa Formosa, a fim de caracterizar e identificar áreas irregulares de descarte e avaliar a dimensão do problema, e realizou-se uma proposta da criação de um aterro como alternativa para minimizar estes impactos.

O estudo de caso, segundo Gil (1991) de maneira geral, tem tendência a proporcionar certa vivência da realidade, tendo por apoio a discussão, a análise e a busca de solução de um certo problema extraído da vida real. Ele menciona ainda que a finalidade do estudo de caso não é de fornecer informações precisas das qualidades de uma população, mas sim o de proporcionar uma visão global e geral do problema ou de identificar aceitáveis fatores que influencia o mesmo.

Para complementar como forma de acrescentar dados necessários para a boa compreensão do trabalho, serão utilizadas também referências bibliográficas sobre o tema em questão.

3.1 MÉTODOS

Conhecendo a atual gestão do município e o destino dos materiais, através de levantamentos e estudos das propriedades dos resíduos originados na cidade de Lagoa Formosa, elaborou-se propostas para a destinação final mais sustentável destes materiais e para melhorias na gestão em geral.

Inicialmente foi feita a estimativa da quantidade de RCD'S produzidos na cidade de Lagoa Formosa/MG bem como a composição, o método de coleta e transporte e a situação atual das áreas de descarte final dos RCD do município. Isto foi possível com estudo, pesquisa e acompanhamento da gestão junto à Prefeitura Municipal da cidade, posteriormente efetuou-se um diagnóstico de possíveis problemas provenientes da má administração dos resíduos gerados pela construção civil que são comuns em municípios pequenos.

Posteriormente, na finalização e na conclusão da estimativa, apresentou-se sugestões para melhoria na gestão e um projeto de aterro para disposição final desses resíduos de acordo com a ABNT NBR 15113/2004. Como primeira atividade realizou-se o levantamento topográfico da área, para conhecer as características do local; foi utilizado o GPS topográfico GNSS (Global Navigation Satellite System) Zenite 2 da marca Tech Geo 25 RTK. Após o

levantamento do local, para a efetuação do projeto de aterro e seu respectivo cálculo foi utilizado o programa *MineSight*® 3D da Mintec, versão 2007. “*MineSight*® é um sistema integrado de ferramentas 3D que abrange a exploração, modelamento geológico, geoestatística, levantamento topográfico, otimização de cavas, lavra subterrânea, planejamento de longo a curto prazo, desenho de cavas, sequenciamento e operação de lavra” (MINTEC, 2007).

O local escolhido para a implantação de aterros de resíduos inertes e da construção civil classe A, foi analisado de tal forma, que o impacto ambiental atual seja minimizado pela instalação do mesmo e o aterro esteja dentro da legislação de uso ambiental e do solo, para isso analisou-se alguns critérios para a adaptabilidade deste local, como, a vegetação, vias de acesso, área e volume disponíveis e geologia.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste tópico discute-se os resultados da análise da gestão dos RCD da cidade, obtidos através do estudo de caso do município de Lagoa Formosa e apresentação de propostas para melhorias.

4.1 MUNICÍPIO EM ANÁLISE

A cidade de Lagoa Formosa apresentou nos últimos anos um considerável crescimento urbano, porém infelizmente grande parte do resíduo gerado é depositado em lugares irregulares como logradouros públicos, conforme Figuras 2 e 3.

Nos municípios pequenos, como Lagoa Formosa, a ausência de documentos relativos ao montante de RCD produzido resulta em dificuldade no estudo deste material, o que ocorre, principalmente, porque os planos diretores priorizam apenas a gestão dos lixos domésticos (SANTOS, 2012).

O município atualmente não possui um plano de gestão bem elaborado, apenas disponibiliza caçambas para recolhimento do material, conforme se vê nas Figuras a seguir.

A inadequada disposição dos RCDs da construção civil, somente pode ser melhorada começando por uma ação do poder público, porém a gestão correta desses resíduos requer mudanças culturais, conscientização e o envolvimento de toda a população.

Figura 2 e 3- Resíduos de construção e demolição



Fonte: Autores (2017).



Fonte: Autores (2017).

4.2 AGENTES GERADORES DE RCD

Os maiores responsáveis pela geração de RCD no município, segundo informações da Prefeitura Municipal são os construtores de edificações comerciais, residenciais e obras em geral. Os executores de reformas, ampliações, também contribuem para essa geração, porém não há documentação na maioria das vezes com aprovação de plantas e solicitação de alvarás para tais atividades, mesmo assim, representam um valor significativo no volume de resíduos gerados na cidade.

Os principais agentes geradores de RCD no município, em grande maioria, não possuem suas empresas registradas no Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica. Sendo assim, são geradores informais, embora seja notória a representatividade destes no setor.

O fato de não se ter cadastro dos geradores, a única forma de ter controle dos resíduos é através da quantidade de caçambas de entulho que são disponibilizadas por dia.

A estimativa da geração de RCD foi realizada com base em dados e informações obtidas por meio de entrevistas aplicadas a empresa coletora e transportadora de RCD, a Secretaria Municipal de Desenvolvimento econômico e meio ambiente da Prefeitura de Lagoa Formosa.

4.3 ESTIMATIVA DE RCD'S PRODUZIDOS EM LAGOA FORMOSA

Através de entrevista de acordo com a responsável pela empresa coletora, Secretária Municipal de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente, o RCD é descartado no “aterro controlado da cidade”.

Verificou-se sem sucesso, juntamente com a empresa, os documentos que atestam o correto funcionamento, como licenciamento ambiental, alvará, notas fiscais e comprovantes de realização de cursos para os funcionários com temas relacionados à coleta e transporte dos RCD.

Obteve-se uma média geral de 159 cargas de RCD por mês na empresa, transportadas para o aterro “controlado” na área erosiva, oito caçambas de 3m³ são disponibilizadas por dia, considerando o mês com 21 dias úteis, são depositados em média 480m³ por mês de RCD no local citado.

Observou-se ainda nesta pesquisa, que existem áreas de disposição irregulares em atividade no município, o que significa que a quantidade de RCD produzida é superior à depositada no Aterro. Na Tabela 2 mostra-se a empresa transportadora de RCD.

Tabela 2- Caracterização da empresa transportadora de RCD

| CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA TRANSPORTADORA DE RCD | | |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------|
| Nome Empresa: | Prefeitura Municipal - Palácio Rosais de Formosa | |
| Local Sede: | Praça Dona Filomena - CENTRO | |
| Depósito de Caçambas: | CASEMG - Bairro Santa Cruz | |
| Tempo de Funcionamento: | 5 anos | |
| Local de descarte dos RCD: | Aterro controlado – Área erosiva | |
| Condições de Funcionamento: | ITEM | QUANTIDADE |
| | Funcionários | 01 |
| | Caminhões | 01 |
| | Caçambas 3m ³ | 08 |
| | Caçambas 4m ³ | - |
| | Caçambas 5m ³ | 02 |
| Quantidade cargas 1º mês (Agosto): | 160 cargas de 3m ³ = 489 m ³ | |
| Quantidade cargas 2º mês (Setembro): | 158 cargas de 3m ³ = 474 m ³ | |

Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Lagoa Formosa (2017).

Conforme se verifica na Tabela 2, a empresa transportadora de RCD utiliza um funcionário, um caminhão e possui dez caçambas para realizar o transporte dos resíduos, sendo duas de 5 m³ e oito de 3 m³. Normalmente utiliza-se apenas as caçambas de 3 m³ pois o caminhão de transporte não suporta a de 5 m³. Sendo assim, a quantidade de carga carregada

no mês de Agosto foi de 489 m³ e em Setembro de 474 m³. Ainda segundo a Secretária Municipal de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente, durante o ano de 2017 o volume carga variou entre 470 m³ e 490 m³.

A responsável pela Secretaria de Meio Ambiente completou ainda que existe uma empresa particular que também atua no recolhimento desse material, porém a mesma só opera caso a prefeitura não possua caçamba disponível no presente dia para a população, quando, por exemplo, todas já estiverem sendo utilizadas e o construtor esteja com urgência. Por se tratar de um serviço pago que quase não é utilizado, quando questionada sobre a destinação dos resíduos dessa empresa, alegou apenas que não é no mesmo local que a prefeitura deposita.

4.4 SERVIÇOS DE COLETA DE RCD

A prefeitura disponibiliza caçambas para armazenamento do material, porém na cidade ainda não existe nenhum tipo de fiscalização quanto à disposição dos RCD, assim uma prática comum dos moradores é a disposição dos mesmos em lotes vagos, locais periféricos dos bairros ou nas calçadas das ruas como mostrado na Figura 4.

Observa-se na Figura 4, que mesmo contendo a caçamba própria estacionada para disposição de resíduos, a maioria deles está jogada fora no logradouro público.

Ilustra-se na Figura 5 também a caçamba disponibilizada através do disque caçamba pela prefeitura do local, exclusiva para disposição dos RCD.

Segundo Tavares (2008), a maioria da população, principalmente de municípios pequenos não tem conhecimento que os RCD, popularmente chamados de entulhos, apresentam como predominância materiais inertes e que permitem reaproveitamento

Figura 3- Disposição correta e incorreta de RCD Figura 4- Caçamba destinada a recolhimento dos resíduos



Fonte: Autores (2017).



Fonte: Autores (2017).

A partir do reaproveitamento dos entulhos é possível produzir agregados para uso em pavimentação, limitação de encostas, canalização de córregos e uso em argamassas e concreto. Diante disso, ele completa ainda que devido a isso várias pessoas depositam os mesmos em qualquer lugar, mesmo com a disponibilização de caçambas (TAVARES, 2008).

4.5 TRANSPORTE

Para os resíduos de classe A, podem ser usados caminhões com caçambas (Figura 4), para classe B e C podem ser usados caminhões comuns e para classe D é necessário transporte específico. Conforme Resolução CONAMA 307, 2002 deve ser feito por empresas transportadoras que possuem licença específica.

É importante mencionar que a prefeitura local não dispõe de custos do aluguel de uma caçamba e nem do transporte junto ao gerador. Os gastos com os mesmos ainda são de responsabilidade do poder público municipal.

Conforme mostra-se na Figura 6, o transporte no município é feito por caminhões com equipamentos próprios para recolhimento para evitar possíveis dispersões de resíduos em vias públicas. Usam-se apenas os caminhões caçambas para recolhimento de todos os materiais.

Para solicitação da caçamba para acondicionamento e o caminhão para transporte é disponibilizado um disk caçambas, de forma que seja acessível a toda a população. A Prefeitura por ser empresa que presta os serviços, se responsabiliza pelo transporte citado e destinação final adequados do material que é recolhido.

Figura 5- Caminhão responsável pelo transporte no município de Lagoa Formosa



Fonte: Autores (2017).

É importante mencionar que a prefeitura local não dispõe de custos do aluguel de uma caçamba e nem do transporte junto ao gerador. Os gastos com os mesmos ainda são de responsabilidade do poder público municipal.

Conforme mostra-se na Figura 6, o transporte no município é feito por caminhões com equipamentos próprios para recolhimento para evitar possíveis dispersões de resíduos em vias públicas. Usam-se apenas os caminhões caçambas para recolhimento de todos os materiais.

Para solicitação da caçamba para acondicionamento e o caminhão para transporte é disponibilizado um disk caçambas, de forma que seja acessível a toda a população. A Prefeitura por ser empresa que presta os serviços, se responsabiliza pelo transporte citado e destinação final adequados do material que é recolhido.

4.6 VOLUME E FORMAS DE DESCARTE DE RCD

De acordo com o SindusCon (2015) a correta destinação desses resíduos pode ser de forma legal convencional, resíduos misturados (classe A e B) gerados ao longo da obra podem ser coletados em caçambas estacionárias e transportados por caminhões equipados com poliguindastes até as áreas de transbordo e triagem (ATT). Após a triagem, os resíduos de classe A (cimentícios e cerâmicos) acabam sendo enviados aos aterros de resíduos inertes da construção civil ou para usinas de reciclagem fixa.

O RCD do município de Lagoa Formosa é descartado a céu aberto conforme figuras 7, 8 e 9.

Figura 6- Voçoroca Sapé, foto aérea.



Fonte: Google Earth (2017).

Figura 7- Voçoroca Sapé



Fonte:Arquivo pessoal (2017).

Figura 8- Atual descarte de resíduos na voçoroca



Fonte:Arquivo pessoal (2017).

Mostra-se nas Figuras 7, 8 e 9, a disposição dos RCD em uma área erosiva, também chamada de voçoroca, nas extremidades da cidade, região conhecida como fazenda Sapé. Os resíduos são depositados diretamente no solo contrariando vários pontos da Resolução CONAMA 307 (2002). Nota-se que não há no município de Lagoa Formosa, um aterro controlado de resíduos da construção civil e nem usina de triagem para a reciclagem dos mesmos, ou para separação de classes antes da disposição.

4.7 PRINCIPAIS PROBLEMAS DA GESTÃO

Não há um Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC), bem elaborado no município, apenas disponibilização de caçambas para armazenamento e posterior transporte e nem local apropriado para depósito do material

contrariando a Resolução 307 de 2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que normatiza todas as diretrizes para gerenciamento dos resíduos de construção e demolição.

4.8 PROPOSTAS E SOLUÇÕES

Para chegar a um modelo de desenvolvimento sustentável faz-se necessária a aplicação de critérios de gestão de resíduos ainda dentro dos próprios canteiros de obras, como por exemplo, a aplicação de técnicas para a redução da geração e para reutilização e reciclagem dos resíduos.

Quando se trata de coleta e transporte a Resolução 307 (2002) especifica que as prefeituras de pequenos municípios devem fiscalizar, coletar e transportar os mesmos para áreas de recepção de pequenos volumes, a fim de que o material não seja descartado em áreas irregulares.

Os principais objetivos da gestão de resíduos, de acordo com a Resolução CONAMA N° 307/02, são a destinação adequada dos RCD's, o cuidado e controle das opções de aterros, o acondicionamento facilitado de grandes volumes, o melhoramento da limpeza e da paisagem urbana, a cautela ambiental, o incentivo às parcerias, o apoio à presença de novos agentes de limpeza, o incentivo à redução de resíduos na fonte, e a diminuição dos custos municipais.

A referida resolução define ainda que a gestão dos municípios deve ser realizada através de políticas estruturadas e elaboradas a partir de cada realidade localidade e dos recursos que possuem. Essas políticas devem assumir a forma de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Neste plano deve estar incorporado: O Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC), que deverá apresentar diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores e transportadores;

Eles deverão ser compostos, no mínimo, pelos seguintes tópicos:

- Caracterização, no qual os resíduos deverão ser identificados e quantificados na obra, em casos de obras grandes;
- Triagem, na qual os resíduos deverão ser separados, conforme as classes estabelecidas no artigo 3° da Resolução CONAMA N° 307/02,

- Acondicionamento, para o qual o gerador deverá garantir o confinamento adequado até o transporte, nas caçambas próprias;
- Transporte, que deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes.
- Destinação, que deverá ser feita conforme as classes a que pertencem os resíduos divididas pela Resolução 307 do Conama.

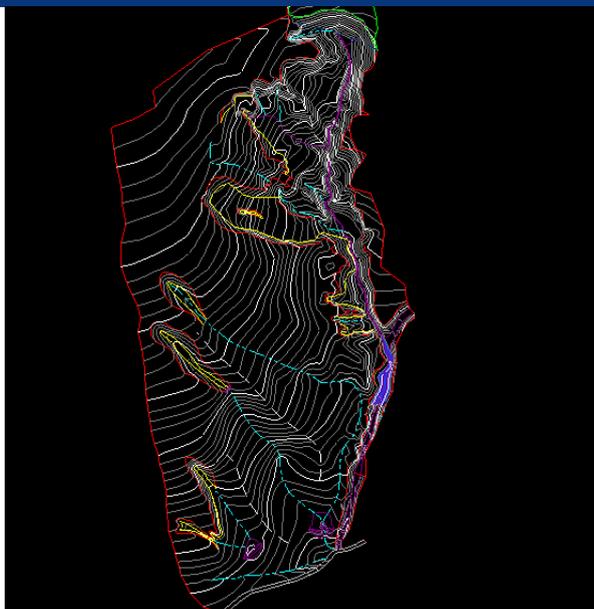
Preferencialmente seria fundamental a implantação de tecnologias visando à reutilização e a reciclagem desse material dentro do processo de gestão, caso não seja possível, o aterro controlado é uma alternativa para disposição desses resíduos, visando seu uso futuro, ou correção da erosão do local.

Abaixo serão apresentado o projeto do aterro proposto, com as devidas fases de sequenciamento construtivo.

4.8.1 FASES DO SEQUENCIAMENTO CONSTRUTIVO DO ATERRO CONTROLADO PROPOSTO

Como atividade preliminar ao desenvolvimento do projeto do aterro foi feito o levantamento topográfico do local. Para a realização desta atividade foi utilizado o GPS topográfico. Coletou-se as coordenadas nas bordas e no interior da mesma. Para isso foi utilizado um aparelho GNSS (Global Navigation Satellite System) Zenite 2 da marca Tech Geo.

Figura 9- Perfil topográfico do terreno



Fonte: Autores (2017).

Para que se possa quantificar o volume de material que se deslocará, e o local que permite preenchimento é fundamental que seja feito o levantamento topográfico do terreno com precisão.

A Figura 10 ilustra o perfil topográfico do terreno atual de disposição dos resíduos e onde será sugerida a construção do aterro controlado para disposição de resíduos de construção e demolição do município de Lagoa Formosa.

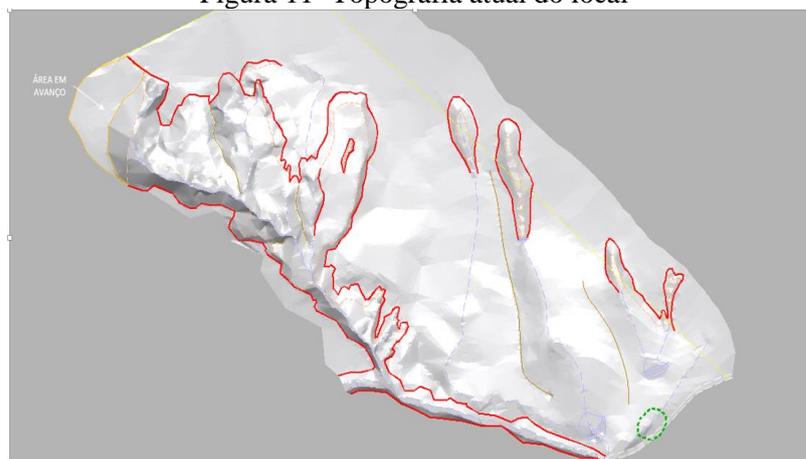
Na Figura 11 nota-se o detalhamento da vista da área planejada para disposição dos resíduos, e a Figura 12 apresenta a topografia atual do local, já aplicada ao AutoCAD 3D.

Figura 10- Detalhe da área para disposição dos resíduos



Fonte: Adaptado de Google Earth (2017).

Figura 11 -Topografia atual do local



Fonte: Adaptado de AutoCAD (2017).

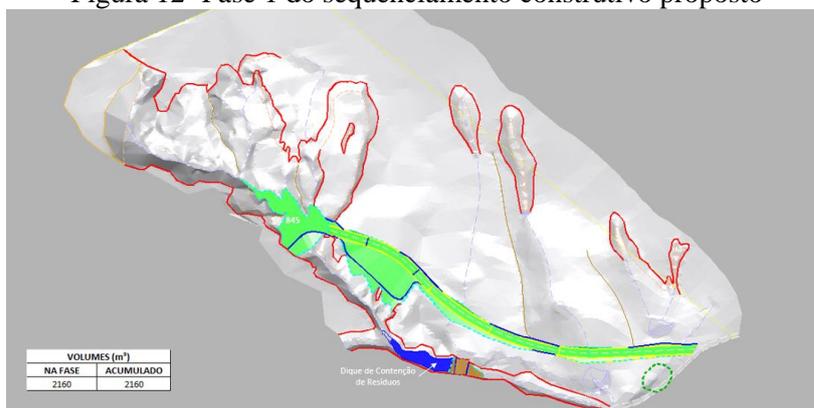
Após o estudo do perfil topográfico, foi possível desenvolver um aterro que propôs fazer a disposição dos RCD por camadas, construindo bermas⁴ e fazendo a cobertura com vegetação das mesmas à medida que cada etapa construtiva seja concluída. Ao longo do projeto desenvolveu-se tarefas como o tratamento dos dados coletados, o dimensionamento de estradas e bermas de acordo com a topografia do terreno, cálculos de volume de corte e aterro, além de obter o volume total que cada bancada suportará de resíduos.

A primeira fase (Figura 13) consiste na chegada de material até a cota a 845. Para isso deverá ser criada uma estrada com a largura de 7 m. Chegando neste ponto, o volume total de resíduos que o local comporta é 2160 m³.

⁴ Aterros laterais aos taludes para equilibrar o peso exercido pelo maciço do aterro principal.

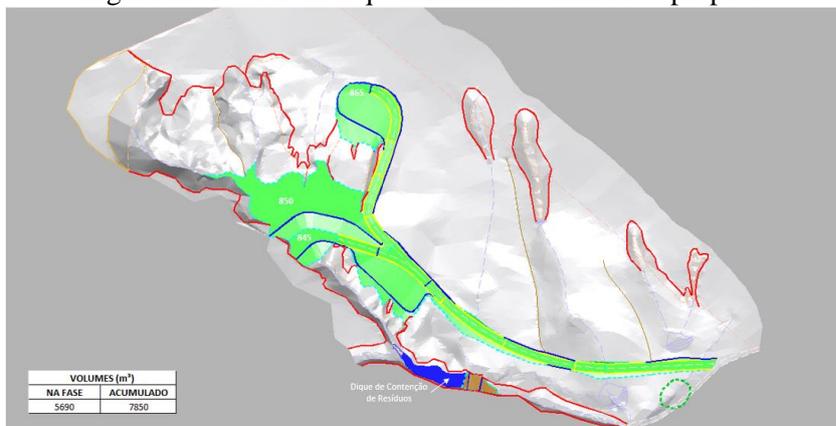
Preenchida a fase 1, a segunda fase (Figura 14) será executada através do prolongamento da estrada até a cota 850, essa cota (atual abertura formada pela erosão) será totalmente preenchida formando a segunda área de preenchimento, o prolongamento da estrada também possibilitará o preenchimento da cota 865 formando a terceira berma, volume total para o preenchimento 5690m³.

Figura 12- Fase 1 do sequenciamento construtivo proposto



Fonte: Adaptado de *MineSight* (2017).

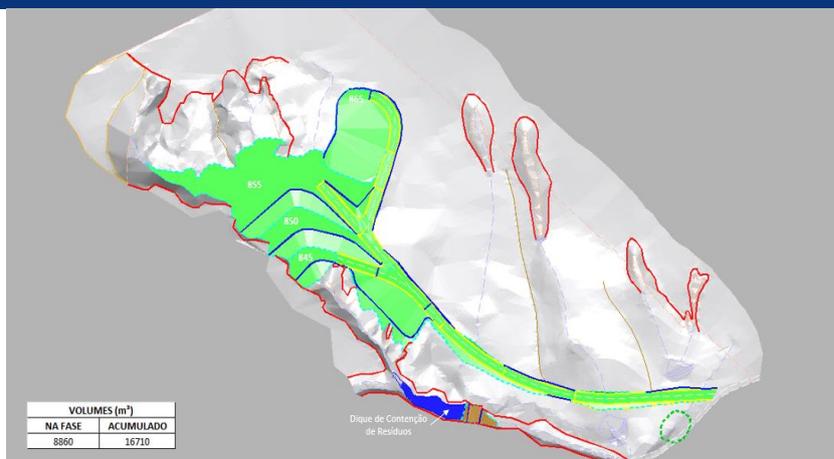
Figura 13- Fase 2 do sequenciamento construtivo proposto



Fonte: Adaptado de *MineSight* (2017).

A terceira fase (Figura 15) consiste na ampliação da estrada principal para o preenchimento da terceira camada na cota 855, o volume comportado nessa cota é de aproximadamente 8860 m³.

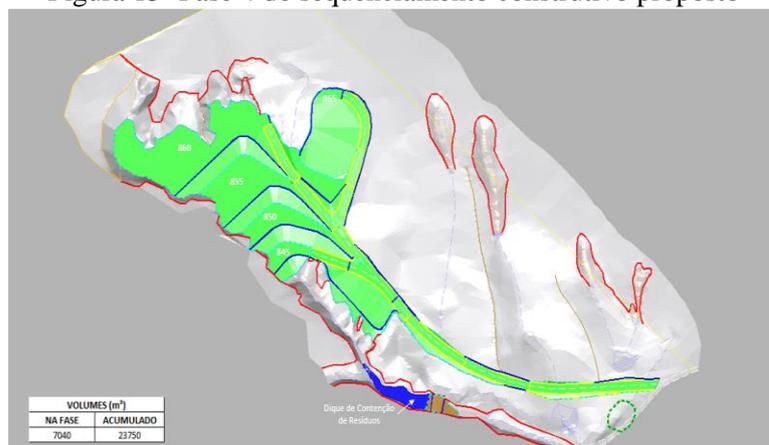
Figura 14- Fase 3 do sequenciamento construtivo proposto



Fonte: Adaptado de *MineSight* (2017).

Na quarta fase (Figura 16) segue com o prolongamento da estrada principal até a cota 860 para o preenchimento desta camada, formando a quinta erosão preenchida com resíduos, essa fase suporta volume de 7040 m³.

Figura 15- Fase 4 do sequenciamento construtivo proposto

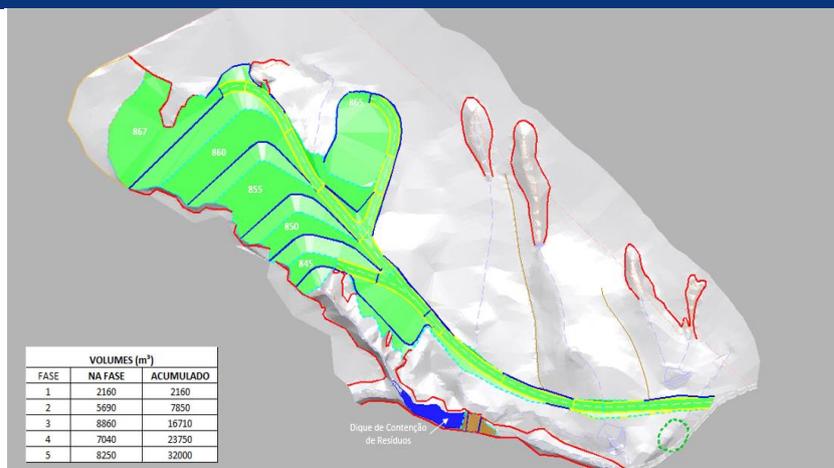


Fonte: Adaptado de *MineSight* (2017).

Na quinta e última fase (Figura 17), será realizado o prolongamento da estrada até o último ponto da voçoroca na de cota 867, formando a sexta berma que será preenchida por resíduos e a finalização do aterro.

Por fim, o aterro estará finalizado com todas as cotas completadas, e consequentemente a área erosiva estará preenchida, após a finalização do projeto no *MineSight*, foi feita a transferência para o *Autocad 3D* para melhor visualização do mesmo.

Figura 16- Fase 5 do sequenciamento construtivo proposto



Fonte: Adaptado de *MineSight* (2017).

Seria extremamente importante o apoio de uma ATT (Áreas de Transbordo e Triagem) para o aterro. As Áreas de Transbordo e Triagem de Resíduos da Construção Civil são definidas pela Resolução CONAMA nº 448/2012 p.1 como:

Área destinada ao recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (CONAMA, 2012).

Na Figura 18 apresenta-se em forma de 3D a topográfica local e a representação do aterro sugerido já na Figura 19 apresenta o detalhamento das bermas para descarte dos resíduos.

Figura 17- Projeção do aterro finalizado

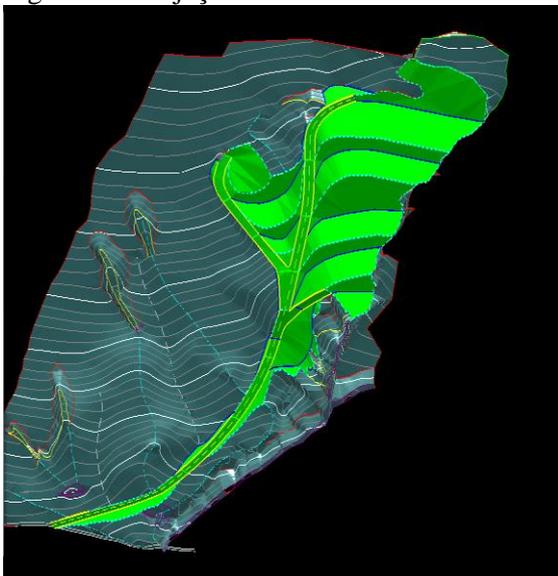
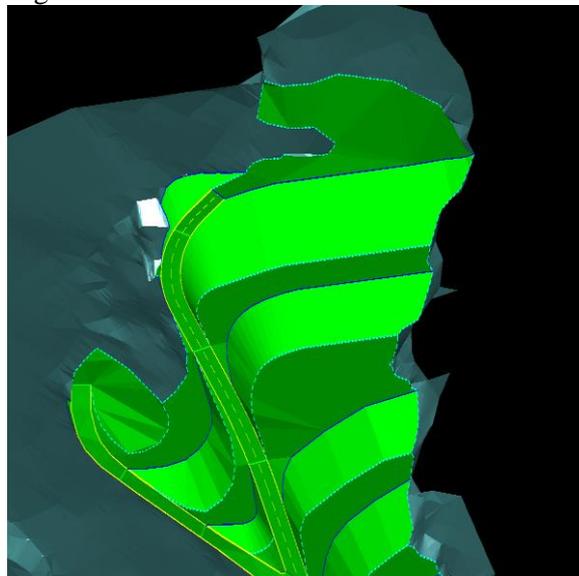


Figura 18- Detalhamento do aterro finalizado



Fonte: Adaptado de Autocad 3D (2017).

Fonte: Adaptado de Autocad 3D (2017).

Seria extremamente importante o apoio de uma ATT (Áreas de Transbordo e Triagem) para o aterro. As Áreas de Transbordo e Triagem de Resíduos da Construção Civil são definidas pela Resolução CONAMA nº 448/2012 p.1 como:

Área destinada ao recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (CONAMA, 2012).

Foi criado também no projeto um dique de contenção dos resíduos (presente nas Figuras de 13 a 17), pois, embora todas as normas de impermeabilização devem ser adotadas na construção do aterro antes do preenchimento, não pode-se descartar a hipótese de haver vazamento de algum líquido, possível resultado da junção da chuva e os resíduos. O dique vai conter esse líquido e evitará a poluição de algum rio ou lençol freático próximo ao local.

Após o preenchimento de toda a erosão com resíduos de classe II, não tóxicos, o volume total de resíduos triturados comportados é de 32000 m³ conforme Tabela 3, posteriormente é necessário fazer a compactação dos resíduos após cada fase, reduzindo ainda mais o volume final dos resíduos depositados.

Tabela 3- Volumes acumulados em cada fase

| VOLUMES (m ³) | | |
|---------------------------|---------|-----------|
| FASE | NA FASE | ACUMULADO |
| 1 | 2160 | 2160 |
| 2 | 5690 | 7850 |
| 3 | 8860 | 16710 |
| 4 | 7040 | 23750 |
| 5 | 8250 | 32000 |

Fonte: Autoria própria (2017).

As tarefas de operação de movimento, transporte e acomodação dos resíduos poderão ser realizadas com carrinho de mão, pás e picaretas, e a compactação pode ser efetuada por compressores, após a compactação uma manta de vegetação pode ser plantada e cobrir os resíduos compactados.

A manta vegetal tem como objetivo proteger as superfícies expostas dos taludes de corte e criação de aterro, impedindo a erosão aparente. Após sua arrumação, o ambiente ganha proteção e umidade necessárias à germinação de sementes, desenvolvendo assim uma vegetação que não tenha raízes profundas.

O aterro deve ser efetuado seguindo todas as exigências e procedimentos ditados ao longo do trabalho no capítulo 2.6, de acordo com as Normas da ABNT e Resoluções CONAMA, sendo executados de forma sustentável para ser ecologicamente correto e acabar com a erosão do local sem poluir o ambiente.

4.8.2 ROTA ALTERNATIVA E VIÁVEL

O projeto também propôs construir uma nova estrada para acesso da voçoroca, a fim de diminuir o trajeto em distância, e conseqüentemente gastos com petróleo, dentre outros, reduzindo os custos da Prefeitura Municipal, além de que os resíduos devem começar a ser depositados nas camadas mais baixas para evitar aumento da erosão. Conforme mostra-se na Figura 20, o novo trajeto foi proposto.

Em amarelo o trajeto atual até o aterro sem planejamento com 5250 metros a partir da CASENG (ponto de partida), em vermelho o trajeto proposto com 3750 metros a partir da CASEMG (500m a restaurar e 220m a ser construído), por tanto reduzirá 1500 metros de ida e 1500 metros de volta por dia, ou seja, 3 km por dia, economia essa que é revertida em redução de combustível e tempo.

Figura 19- Representação do trajeto atual e do trajeto proposto



Fonte: Adaptado de Google Earth (2017).

As Figuras 21 a 24 apresentam as fases da construção da estrada para acesso das bermas para depósito dos resíduos e formação do aterro.

Nota-se nas figuras abaixo as fases de construção das estradas proposta, em amarelo representa-se o traçado da mesma que acompanha a topografia do local e chega a cada cota necessária para a disposição dos resíduos. Em linha tracejada na cor verde claro está

representado o chamado pé da berma, e o local onde é necessário aterrar. Em azul escuro representado por linha contínua está representada a crista da berma.

As bermas formadas por sua vez são criadas para dar estabilidade no talude do aterro e auxiliam também a segurar blocos que se soltam e ajudam na drenagem, tornar mínimo assim os riscos de desmoronamento.

Figura 20- Representação da estrada– Fase 1

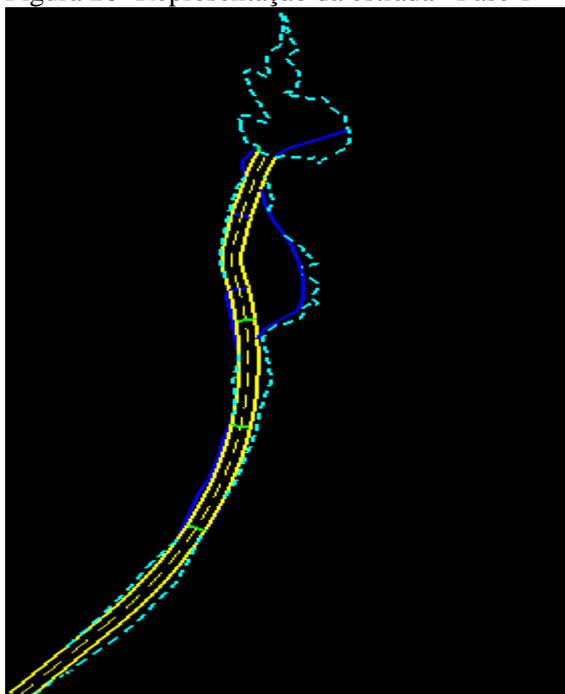
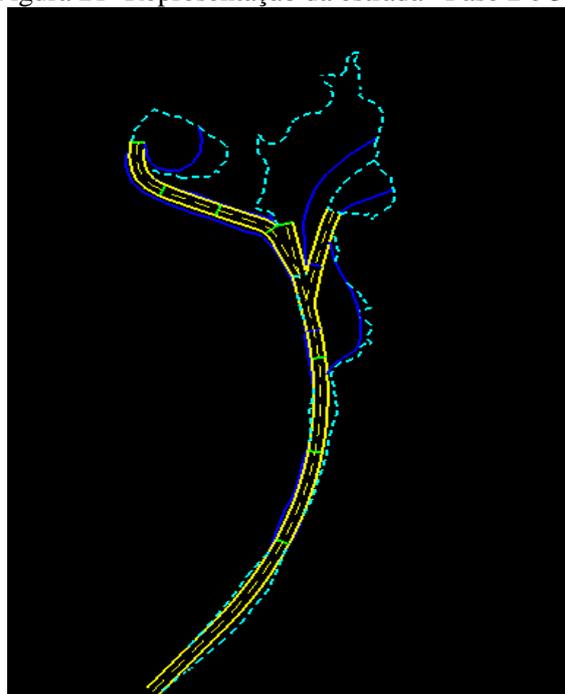


Figura 21- Representação da estrada– Fase 2 e 3



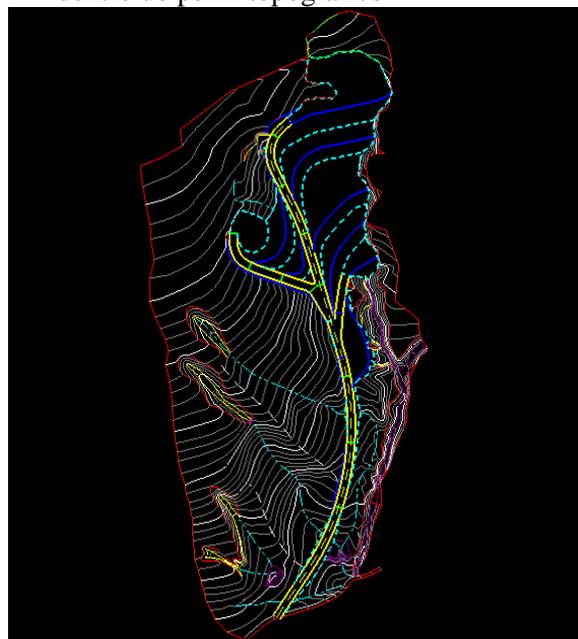
Fonte: Adaptado de AutoCAD-3D (2017).

Fonte: Adaptado de AutoCAD-3D (2017).

Figura 22- Representação da estrada –Fase 4 e 5 Figura 23- Representação da estrada para acesso dentro do perfil topográfico



Fonte: Adaptado de AutoCAD-3D (2017).



Fonte: Adaptado de AutoCAD-3D (2017).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção civil, além de ser um dos pilares para o desenvolvimento socioeconômico de um país, como foi visto, também é a causadora de impactos ambientais seja através de atividades como a extração de matérias-primas, movimentação de terras, produção e transporte de materiais, ou pela disposição incorreta de seus resíduos. Esta disposição inadequada de resíduos é um problema enfrentado em várias cidades brasileiras; em Lagoa Formosa, MG não é diferente.

Diante do estudo realizado, observa-se uma produção média de RCD no volume de 480m³/mês, o qual é comumente descartado de forma incorreta, por não existir ainda um Aterro de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Inertes no município de Lagoa Formosa e nem áreas para transbordo e reciclagem.

A construção do Aterro de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Inertes seria uma boa opção para a regularização desta situação de descarte inadequado de RCD no município, e a construção de uma usina de triagem para auxílio de separação e trituração e para reciclagem desses materiais que poderiam ser reutilizados e até mesmo industrializados e revendidos posteriormente, complementaria o projeto de construção do referido aterro e com isso o município teria um aumento de sua renda e agrediria cada vez menos a natureza.

Ficou evidente também a necessidade da adoção de uma política para gestão e controle desses Resíduos Sólidos da Construção e Demolição para a cidade, várias cidades possuem um sistema e gestão que segundo estudos têm dado certo e cada vez mais se vê a evolução dos sistemas de coleta, reciclagem e reutilização destes resíduos.

Dentro deste contexto, aplicando as ações propostas neste estudo, é provável que se alcance alguns ganhos, tais como:

- Descarte coerente e responsável dos resíduos;
- Disposição final correta e dentro das leis;
- Redução dos impactos ambientais causados pelos RCD's;
- Redução da poluição;
- Melhoria da qualidade de vida da população e do meio ambiente;
- Reutilização racional, consciente e sustentável de materiais;
- Redução de resíduos enviados ao aterro;
- Geração de emprego nos postos de segregação e reciclagem.

Espera-se que este trabalho, além de esclarecer alguns conceitos e oferecer algumas soluções, sirva de incentivo para as prefeituras, principalmente de municípios menores, como também para pequenos e grandes geradores, visto que só é possível acabar ou minimizar os impactos negativos gerados pela atividade civil com a colaboração de todos.

O tema deixa ainda sugestões para trabalhos futuros tais como estudo de impacto ambiental do aterro, projeto de uma nova área de despejo, aplicação das sugestões e proposta para criação de um plano para o município, tempo para total preenchimento do aterro e cálculo do volume final dos resíduos após redução na triagem.

REFERÊNCIAS

- ABRELP - Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos especiais: **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2015. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm>. Acesso em: 03 mar.2017.
- ÂNGULO, S. C.; et al. Resíduos de Construção e Demolição: Avaliação de Métodos de Quantificação. **Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo**. vol. 16, n. 3, p. 299 – 306, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro- 7 p. 1983.
- _____. **NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro – RJ. p. 77, 2004.

_____. **NBR 15.112: Resíduos de construção Civil e Resíduos Volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro – RJ. p. 7, 2004.

_____. **NBR 15113: Resíduos Sólidos da Construção Civil e Resíduos Inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro – RJ. p. 16, 2004.

_____. **NBR 15114: Resíduos Sólidos da Construção Civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro – RJ. p. 7, 2004.

_____. **NBR 15115: Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.** Rio de Janeiro – RJ. p. 14, 2004.

_____. **NBR 15116: Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.** Rio de Janeiro – RJ. p. 17, 2004.

_____. **NBR 15849: Resíduos sólidos urbanos - Aterros sanitários de pequeno porte.** Rio de Janeiro-RJ. p. 2, 2010

-ATLAS Brasil. Disponível em: <<http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/consulta/>>. Acesso em: 20-mar. 2017.

-BAPTISTA, Marcos C. **Estratigrafia e evolução geológica da região de Lagoa Formosa (MG).** Belo Horizonte – MG, 2004, 116 p.

-BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA N° 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** Diário Oficial de União, Brasília, DF. 17 jul.2002.

-BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA N° 348, de 16 de agosto de 2004. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** Diário Oficial de União, Brasília, DF. 16 ago.2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA N° 448, de 18 de janeiro de 2012. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** Diário Oficial de União, Brasília, DF. 18 jan.2012.

-BRASIL, Atlas. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.** Disponível em :<http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/lagoa-formosa_mg#demografia>. Acesso em: 20 mar.2017

-BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil.** Rio de Janeiro, 2003,190 p.

- CASTRO, F. **A força e a Importância da Construção Civil na Economia Brasileira.** 2015. Disponível em: <www.amapadigital.net/francisco_castro_view.php?ID=1415>. Acesso em: 03 mar. 2016.
- CAVALCANTE, C. F.; FERREIRA, O. M. **Mapeamento dos pontos de disposição de Resíduos da Construção Civil e de Demolição em Goiânia.** Goiânia, 2007, p. 23.
- CIDADES BRASIL. 2012. Disponível em: <<http://www.cidadebrasil.com.br/?sa.x=8&sa.y=9&sa.a=Pesquisa&q=Procurar&cx=partner-pub-9358454219275145%3A2735832540&cof=FORID%3A10&ie=UTF-8>>. Acesso em: 08 mar. 2017.
- DIEZEL, C. B. **Gestão da Produção da Indústria da Construção Civil no Sub Setor da Construção de Edifícios Residenciais de Médio Padrão.** São Paulo, p. 56, 2006. Disponível em: <engenharia.anhembi.br/tcc-06/civil-42.pdf>. Acesso em 14 abri.2016
- Diniz; et.al : **Impactos ambientais causados por resíduos de construção na cidade de belém, “a metrópole da amazônia”.** 2012. Pará disponível em : <<http://www.revistaea.org/pf.php?idartigo=2222>>. Acesso em 22 fev.2017.
- FRAGA, M. F. **Panorama da Geração de Resíduos da Construção Civil em Belo Horizonte: Medidas de Minimização com base no projeto e Planejamento de obras.** Belo Horizonte, 2006.
- FOGLIATTI, M. C.; et al. **Avaliação dos impactos ambientais – Aplicação aos Sistemas de Transporte.** 2004. Rio de Janeiro: Interciência. 249 p.
- GIL, A. C. **COMO CLASSIFICAR AS PESQUISAS?** [S.l.: s.n.], 2011. 14 p. Disponível em: <<http://file:///C:/Users/Mariana-PC/Downloads/GIL.pdf>>. Acesso em: 11 abr.2017.
- GUERRA, A. J. T. **Erosão e Conservação dos Solos.** 2º. ed. [S.l.]: Bertrand Brasil, 2010. 284 p. v. 3.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Frota municipal de veículos- Lagoa Formosa.** Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/frota.php?lang=&codmun=313750&search=minas-gerais|lagoa-formosa|info%27fic%27-frota-municipal-de-veiculos%27>>. Acesso em: 18 fev. 2017.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades, Lagoa Formosa/MG: Infográficos e Informações Completas, Dados Gerais do Município.** Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão / Departamento de População e Indicadores Sociais, 2013.
- IMRS. **Instituto Brasileiro de Responsabilidade Social (2016).** Disponível em: <<http://imrs.fjp.mg.gov.br/Consultas>>. Acesso em: 18 abri.2017.
- KARPINSKI, Luisete Andreis; PANDOLFO, Adalberto; REINEHR R Renata; GUIMARAES Jalusa; **Gestão de resíduos da construção civil: uma abordagem prática no município de Passo.** Fundo-RS. Rio Grande do Sul, 2008.
- MAHLER, C. F.; NUNES, K. R. A. **Resíduos Sólidos de Construção Civil (RCC).** p. 44, 2004..

- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Manual para Implantação de Sistema de Gestão de Resíduos de Construção Civil em Consórcios Públicos**. Brasília – DF, p. 63, 2010.
- MINTEC – *Minesight para Geólogos e Engenheiros*. p. 129, 2007.
- MARQUES NETO, J. C. **Gestão dos Resíduos de Construção Civil no Brasil**. São Carlos: Rima, 2004.
- PANDOLFO, Adalberto; GUIMARÃES, Jalusa C. B.; KUREK, Juliana; KARPINSKY, Luisete A.; REINEHER, Renata. **Gestão Diferenciada dos Resíduos da Construção Civil – Uma Abordagem Ambiental**. Porto Alegre - RS, p. 164, 2009. Disponível em :<
<http://www.sinduscondf.org.br/portal/arquivos/GestaodeResiduosPUCRS.pdf>>. Acesso em: 27 abri.017.
- PINTO, Tarcísio de P. **Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana**. São Paulo, p. 218, 1999
- SANTOS, Bruno. T. **Estudo sobre a Estabilidade de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos**. –Projeto de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro– UFRJ, Rio de Janeiro, 2012.
- SPADOTTO, Aryane; BATISTA, Geovani R. **Destinação dos Resíduos da Construção Civil e Xancaré, Santa Catarina, Brasil: Possibilidades para um fim mais Sustentável**. Santa Catarina, p. 21, 2014.
- SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Panorama dos Resíduos de Construção e Demolição (Rcd) no Brasil**. Disponível em: <
http://www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/9/docs/rsudoutrina_24.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2017.
- SILVA, Karine Trajano Da. **Projeto de um aterro sanitário de pequeno porte**. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.
- TAVARES , Décio Luiz Meireles. **Gestão ambiental e sustentabilidade**. 2008. Disponível em: <<http://br.monografias.com/trabalhos3/gestao-ambiental-sustentabilidade/gestao-ambiental-sustentabilidade2.shtml>>. Acesso em: 15 mai.2017.
- ZAMARCHI , M. G. **Gestão Ambiental de Resíduos na Construção Civil e Benefícios para o Meio Ambiente (2015)**. Disponível em: <https://www.uniritter.edu.br/files/sepesq/arquivos_trabalhos/3612/994/1144.pdf>. Acesso em: 13 ago.2017.