

# Utilização dos Entulhos de Programas de Gerenciamento de Resíduos de Construções Cíveis na Contenção da Erosão do Residencial Geovanni Braga em Anápolis no Estado de Goiás

Welvis Furtado da Silva<sup>1</sup>, Ernane Rosa Martins<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Metropolitan College of Anápolis, Anápolis, Brazil

<sup>2</sup>Coordination of Information Technology Area, Federal Institute of Education Science and Technology Goiás, Luziânia, Brazil

**Email address:** allquimico@hotmail.com (Welvis Furtado da Silva), ernane.martins@ifg.edu.br (Ernane Rosa Martins)

**Abstract:** As voçorocas podem causar grandes danos ao meio ambiente e também ao próprio meio antrópico, uma vez que uma das principais consequências desse processo erosivo é a grande perda de massa de solo. Este trabalho tem como objetivo apresentar a utilização de entulhos oriundos de demolição na construção civil para contenção da área degradada que causa impacto ambiental no Residencial Geovanni Braga pela Secretaria Municipal de Obras, Serviços Urbanos e Habitação da Prefeitura Municipal de Anápolis no Estado de Goiás no ano de 2015/16. A metodologia do trabalho proposto tem cunho teórico/bibliográfico, prático/trabalho de campo/estudo de caso e natureza descritiva qualitativa e quantitativa. Adotou-se a utilização de materiais descartados, como: entulhos de materiais de construção civil, pneus, madeiras e manilhas para esgoto ou para água pluviais. Como resultados verificou-se que as técnicas adotadas no tratamento da erosão foram rápidas, extremamente eficientes e de custo extremamente reduzido quando comparado com os métodos tradicionais, agradando a associação de moradores e melhorando a estética do local antes degradado.

**Keywords:** Destino de resíduos de construção civil, contenção de erosão, áreas degradadas, impacto ambiental

## 1. Introduction

Erosão é um processo de deslocamento de terra ou de rochas de uma superfície. A erosão pode ocorrer por ação de fenômenos da natureza ou do ser humano. No que se refere às ações da natureza, podemos citar as chuvas como principal causadora da erosão. Ao atingir o solo, em grande quantidade, provoca deslizamentos, infiltrações e mudanças na consistência do terreno. Desta forma, provoca o deslocamento de terra. O vento e a mudança de temperatura também são causadores importantes da erosão.

A implantação de vegetais em área com retrocesso natural de erosão tem como objetivo minimizar ou eliminar os efeitos adversos decorrentes das intervenções e alterações ambientais inerentes ao processo de arraste do solo em um determinado local.

No meio urbano estes espaços têm o potencial de funcionar como amenizadores de temperatura (controle climático), diminuir os ruídos e os níveis de gás carbônico (melhoria da qualidade do ar), promover equilíbrio de distúrbios do meio (proteção contra enchentes e secas), protegerem as bacias hidrográficas para o abastecimento de águas limpas (controle e suprimento de águas), proporcionar abrigo para a fauna silvestre (controle biológico e refugio da fauna) e contribuir para o melhoramento estético da paisagem.

Para solucionar esse problema urbano, é necessário o desenvolvimento de soluções normativas e de projetos de obras adequadas para cada situação. Essas soluções devem ser simples e menos onerosas, porém eficientes e que justifiquem o investimento público, resultando em segurança para a

população e para os equipamentos públicos, de forma a devolver a área para o seu uso urbano.

Sendo assim, essa pesquisa tem como objetivo apresentar a utilização de entulhos de Construção Civil na contenção do impacto ambiental da erosão do Residencial Geovanni Braga pela Secretaria Municipal de Obras, Serviços Urbanos e Habitação da Prefeitura Municipal de Anápolis no Estado de Goiás no ano de 2015/16.

A metodologia do trabalho proposto tem cunho teórico/bibliográfico, prático/trabalho de campo/estudo de caso e natureza descritiva qualitativa e quantitativa.

Adotou-se a utilização de materiais descartados, como: entulhos de limpeza urbana, materiais de construção civil, pneus, madeiras e manilhas para esgoto ou para água pluviais.

Esta pesquisa justifica-se pela escassa literatura sobre a utilização de entulhos oriundos da construção civil e/ou limpeza urbana na contenção do impacto ambiental de erosão.

Assim, com base no exposto, este artigo está estruturado em cinco seções, nesta presente seção apresenta-se além da introdução, a definição da problemática de pesquisa, o objetivo, a justificativa e importância do estudo e a estrutura da presente pesquisa. A seção dois (02) traz o referencial teórico, com a formação de uma base conceitual e teórica, que fornecem subsídios para o desenvolvimento deste estudo. Na seção três (03) são apresentados o método empregado e as técnicas e procedimentos metodológicos utilizados para a realização do estudo. Na seção quatro (04) são apresentadas as análises e discussões dos resultados obtidos na pesquisa. Por fim, na seção cinco (05) são apresentadas as conclusões.

## 2. Literature Review

A proteção ao meio ambiente tem sido decisiva na implantação e manutenção de empreendimentos urbanos, industriais, agrícolas, comerciais e viários, por força da legislação e também pela vigilância da sociedade evitando assim a degradação e destruição ambiental. O Brasil, um país tropical com condições intemperadas fortes, como insolação e chuvas intensas tem contribuído para acelerar os processos erosivos, que normalmente não existe um tratamento preventivo, e sim em alguns casos apenas o corretivo, elevando assim os custos da recuperação [1].

A retirada da vegetação de uma área deixa-a exposta à erosão, causada pela queda das gotículas de água, provenientes principalmente das chuvas, o que acaba acarretando em um movimento de massa no solo. “O processo responsável pela desagregação do solo, após a retirada da camada vegetal em sua superfície, é o impacto das gotículas da água da chuva, com isso os sedimentos são transportados de um local para outro” [2].

Após um longo período chuvoso, esses impactos da água com o solo acabam gerando um fluxo de sedimentos que podem originar ravinas, e se o processo for contínuo provocar um incessante aprofundamento do solo, podendo-se chegar ao nível de uma voçoroca.

As voçorocas constituem o estágio mais avançado de erosão e, portanto, mais difícil de ser contida. São produtos de águas superficiais que, correndo na superfície, provocam desgaste, desbarrancamentos, arrastamentos de solos etc., podendo também ser provocadas por águas profundas que, infiltrando-se no solo, caminham pelo perfil adentro, mais ou menos verticalmente, até encontrar uma camada impermeável ou menos permeável onde se acumulam e se deslocam no sentido horizontal, causando deslizamentos e desmoronamentos [3].

A erosão entre outros fatores é causada por um grupo de processos geodinâmicos, movidos pela energia gravitacional e energia potencial associada aos desníveis do terreno [4].

Ferreira et al. (2007), afirma que, “as voçorocas são consideradas um dos piores problemas ambientais em áreas de rochas cristalinas nas regiões tropicais de montanha onde são frequentes e podem alcançar grandes dimensões” [5].

Para Ab’Saber (1968), o processo de formação das voçorocas esta associado a paisagens de onde foi retirada a sua cobertura vegetal. Nestas paisagens, a água de escoamento superficial ao percorrer linearmente no solo, e atingir o lençol freático, compromete a estabilidade da área e gera a formação de voçorocas [6].

De acordo com Lima (2003), a erosão dos solos afeta a vida de muitas maneiras, daí ser um assunto que envolve profissionais de várias áreas do conhecimento, por vezes, com visões distintas sobre o mesmo problema. Existem linhas de pesquisa em erosão por todo o país na agronomia, geografia, geologia, geotecnia e outras áreas do conhecimento [7].

Segundo Iwasa & Fendrich (1998), a maioria dos municípios brasileiros é afetada por erosões lineares, causadas principalmente pela concentração de águas do escoamento superficial [8].

O grande detonador da erosão urbana é o escoamento

superficial concentrado sobre áreas impermeabilizadas, com sistema de drenagem ineficiente ou inexistente.

Camapum de Carvalho et al. (2006), destacam que, em obras de engenharia como barragens, linhas de transmissão e rodovias, o lançamento inapropriado de águas e o abandono de áreas de empréstimo exploradas sem os cuidados técnicos adequados também podem estar relacionados à gênese de processos erosivos [9].

Deslizamentos de terras constituem movimentos rápidos, de grandes quantidades de material, que ocorrem normalmente como consequência da existência de descontinuidade no perfil do solo, de trabalhos geotécnicos imperfeitos (taludes) e da própria dinâmica de áreas com relevo acidentado. São considerados também dentro do escopo dos processos erosivos, apesar de serem normalmente negligenciados no contexto do estudo da erosão dos solos, e que podem também dar origem à formação de voçorocas [10].

Segundo a Embrapa solos (2002), a correção de áreas de voçorocamento pode ser feitas a fim de “controlar a erosão na área a montante ou cabeceira da encosta, retenção de sedimentos na parte interna da voçoroca, revegetação das áreas de captação (cabeceira) e interna da voçoroca com espécies vegetais que consigam se desenvolver adequadamente nesses locais.” [11].

Muitos são os custos envolvidos para a recuperação de áreas degradadas pelas voçorocas, tais como a mão-de-obra utilizada, insumos, custo das mudas e transporte das mesmas, etc. O custo de recuperação de uma área como essa vai depender principalmente do tamanho (comprimento, largura e profundidade) da voçoroca que se queira recuperar, avaliando assim se é viável economicamente uma intervenção na área voçorocada.

Neste contexto, o presente trabalho visou demonstrar o método de recuperação de áreas erodidas com o uso de entulhos e verificar se a técnica utilizada, para conter a erosão é válida ou se existem falhas que possam ser corrigidas.

Entende-se por entulho o conjunto de fragmentos provenientes do desperdício na construção, reforma e demolição de estruturas de edificações diversas, como prédios, casas e pontes.

Dentre os projetos que utilizaram entulhos e obtiveram sucesso na contenção de erosões destacam-se:

O projeto realizado por Carvalho (2004), que se utilizou dos entulhos gerados na cidade para conter cerca de 10 voçorocas como a reabilitação da Vila São Mateus, no bairro Estrela Dalva, em Contagem (MG), que foi transformada em esplanada (área plana) por disposição de resíduos inertes (entulhos) e, futuramente, será implantado um parque linear com recursos do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Além deste, o mesmo método foi utilizado no bairro Piraquara, próximo ao centro da cidade, e na região das Centrais de Abastecimento (CEASA) [12].

Cappi (2004) também realizou um trabalho de recuperação ambiental de áreas erodidas como alternativa de destino final de pneus inservíveis. Segundo ele, esta tecnologia apresenta características de baixo custo operacional e a vantagem de propiciar controle indireto ao mosquito da dengue, além de

recuperar áreas degradadas por grandes erosões (voçorocas), ou construir com eles barreiras de assoreamento como parte da estratégia de recuperação da paisagem erodida, que será posteriormente revegetada. Para isto, utilizou-se de duas técnicas diferentes: a construção de diques de contenção para sedimentos através de barreira de pneus e o enterro completo de pneus no fundo de voçoroca. A segunda técnica consumiu mais pneus e o restabelecimento da paisagem após o término foi mais rápido [13].

Sabe-se que a construção civil é a grande geradora de entulhos e sabe-se, também, que essa prática é inevitável. Porém, podem-se adotar medidas eficientes que não degradem o meio ambiente e, em contrapartida, venha trazer algum benefício social.

Sabe-se também que a utilização de pneus inteiros associados a plantas de raízes grandes podem ser utilizados para ajudar na contenção da erosão do solo [14]. Assim como o enchimento de aterros, utilizando pneus picados ou inteiros para substituir parte do agregado com baixo custo e manter o solo com boa drenagem [15].

Outra técnica que pode ser utilizada é a compostagem, que é o processo de decomposição aeróbia da matéria orgânica em condições adequadas, que tem como finalidade transformar os resíduos orgânicos em um produto de boa qualidade, o qual traz vários benefícios para produção agrícola além ser um bom condicionador de solo devido as suas características física, química e biológica.

A técnica de compostagem mostra-se de suma importância para reduzir os danos ambientais causados pela disposição inadequada dos resíduos sólidos orgânico. Por isso, a compostagem deve ser encarada como uma biotecnologia ambiental, pois os benefícios de sua escolha como estratégia fundamental para compor o gerenciamento dos resíduos orgânicos, seja no ambiente urbano ou rural, ou geradores como agroindustriais ou complexos industriais, constituem-se no processo que possibilita o cumprimento dos itens considerados fundamentais no conceito de desenvolvimento sustentável para o eficiente tratamento e disposição de resíduos sólidos. Com a minimização de impactos ambientais, a minimização de rejeitos e a maximização da reciclagem.

Haug, (1993) entende que este processo (compostagem) ocorre sobre condições que permitam altas temperaturas, sendo resultado da decomposição biológica aeróbia de substratos orgânicos, alcançando um produto final estável para armazenar e aplicar sobre o solo, destacando ainda a inexistência de efeitos ambientais indesejáveis [16].

Destaca-se ainda, que a compostagem é indispensável para o desenvolvimento sustentável, e que a literatura coloca inúmeros benefícios provenientes da tecnologia da compostagem, “o composto (...) é um valioso condicionador de solo, fonte de substâncias húmicas, e uma gama de nutrientes que proporcionam o crescimento das plantas na horticultura, fruticultura e jardinagem” [17].

Sendo assim, a bioengenharia é uma associação de alternativas, envolvendo estruturas biodegradáveis como: fibras vegetais, estacas vivas, madeira e estruturas rígidas como pedra, concreto, ferro, entre outros.

Segundo Gray e Sotir (1995), toda erosão apresenta um aspecto visual negativo mostrando sinais de abandono, perigo e degradação ambiental, e na maioria das vezes carreando

sedimentos para os cursos d’água, contribuindo para assoreá-los e lavando/retirando a camada fértil de solo [18].

De acordo com Goldman (1986) quase toda erosão é possível de recuperação e controle, por isso as técnicas aqui adotadas serão de grande utilidade no controle dos processos erosivos existentes [19].

### 3. Research Methodology

A metodologia do trabalho tem cunho teórico/bibliográfico, prático/trabalho de campo/estudo de caso e natureza descritiva qualitativa e quantitativa.

Para a realização desse estudo foi realizada uma revisão de literatura, já que este tema é recorrente em vários estudos realizados nas mais diversas regiões do território brasileiro.

Foram utilizados fotos e imagens de satélites, para o estudo da área e compreensão dos problemas causados pela erosão.

Este estudo caracteriza-se como descritivo em relação à natureza do objetivo, já que tem com o propósito descrever as características envolvidas no projeto realizado [20].

O estudo de caso foi escolhido por ser um estudo de natureza empírica que investiga um determinado fenômeno, contemporâneo, dentro de um contexto real de vida, tratando-se de uma análise aprofundada de um objeto (caso), permitindo seu amplo e detalhado conhecimento [21]. O seu objetivo é aprofundar o conhecimento acerca de um problema não suficientemente definido [22], visando estimular a compreensão, sugerir hipóteses e questões ou simplesmente desenvolver a teoria. Este tenta esclarecer o motivo pelo qual uma decisão ou um conjunto de decisões foram tomados, como estas foram implementadas e quais resultados foram alcançados [23].

Optou-se na recuperação da área degradada pela reutilização de materiais descartados, como: entulhos de materiais oriundos de construção civil e limpeza urbana, pneus, madeiras e manilhas para esgoto ou para água pluviais, como forma de diminuição dos investimentos públicos. Sendo que os entulhos foram doados por empresas de recolhimento desse tipo de materiais das obras da cidade.

Utilizou-se de pesquisa de campo para coleta de dados por meio de questionário semiestruturados para identificar o nível de satisfação da população vizinha a obra, compreendendo uma pergunta objetiva (aprova ou não aprova) e quatro perguntas discursivas, cujas respostas foram gravadas pelo pesquisador e posteriormente transcritas.

Os entrevistados foram convidados a participar em visita “*in loco*”, sendo escolhidos os moradores do bairro onde está localizada a erosão. Estipulou um raio de 200 metros a partir de um eixo qualquer da mesma para denotar as curvas de nível acentuadas.

O método de análise dos dados empregado consistiu primeiramente em utilizar o programa Microsoft Excel 2013®, onde se desenhou um banco de dados que foi alimentado com os questionários obtidos. Em seguida, realizou-se a análise descritiva das respostas dadas pelos moradores da região.

Foi utilizada a análise de conteúdo como estratégia de análise dos dados da pesquisa.

## 4. Analysis and discussion of the results

### 4.1. Apresentação da área

A voçoroca Geovane Braga localiza-se no bairro de mesmo nome e está bordejada a montante pela Rua 13 de Maio e em sua margem esquerda pela Rua Ouvidor e Rua 4, nas coordenadas 717.928 E / 8.189.088 N. Esse processo de voçorocamento se instalou na vertente perpendicularmente ao Córrego Góes, tributário do rio das Antas, conforme apresentado na Figura 1 do Goggle Earth de data 31/05/2015.

*Figura 1. Local destinado ao Método Edáfico*



A erosão estava disposta na direção Noroeste/Sudeste, possuía forma linear com comprimento aproximado de 550 metros, largura média aproximadamente de 25 metros e profundidade média aproximada de 12 metros.

Suas margens estavam em continua expansão, em virtude da ocorrência dos movimentos de massa do tipo escorregamento e sua cabeceira possuía grande quantidade de aterro com entulho e lixo.

A posição da cabeceira da voçoroca numa vertente côncava, a impermeabilização do solo a montante e o sistema de drenagem ineficiente e rua extensa no sentido do declive favoreciam a concentração do fluxo do escoamento desta encosta colaborando para os processos erosivos. Além disso, o lançamento de água do sistema de captação de águas pluviais a meia encosta era destacado como o deflagrador do voçorocamento.

Durante o levantamento de campo realizado foi constatado que parte da vegetação da área em retrocesso natural de erosão, principalmente em região de encosta da margem direita do endereço supracitado foi praticamente dizimada pelos fenômenos antrópicos e da natureza naquela faixa de solo por vários anos, sem que fossem tomadas providências para a recuperação da referida área. No entanto realizou obras de engenharia civil no entorno da mesma para conter o problema de excesso de enxurrada e descarte de resíduos

urbanos, porém reflexos deste último ato infracional ainda podem ser percebidos no local por conta da insistência de alguns membros da comunidade em descartar resíduos variados na área.

### 4.2. Caracterizações da área

Segundo Nimer (1989), o clima dominante na região dos cerrados, é do tipo tropical quente sub úmido caracterizado por duas estações bem definidas, uma seca que corresponde ao período outono-inverno, e outra úmida com chuvas muito fortes que correspondem ao período de primavera-verão, onde 70% do total de chuvas acumuladas durante o ano se concentra entre novembro a março, sendo geralmente mais chuvoso o trimestre janeiro a março, quando chove em média 45 a 55% do total anual [24].

Apesar de bastante antropisada, a área em análise apresenta um excelente retrocesso processos no problema erosão e na disposição de resíduos sólidos urbanos que eram frequentes no local.

A área ocorre em topografia em desnível acentuado não sendo semiplana, cujas drenagens adjacentes pertencem à bacia do Rio das Antas.

Do ponto de vista da geologia, a cidade de Anápolis encontra-se no domínio do Complexo Goiano, existindo rochas do complexo granulítico (Arqueano), do Grupo Araxá (mesoproterozóico) e Cobertura Detrito-Lateríticas (terciárias e quaternárias). Na porção sudoeste há predominância de canga laterítica no relevo aplainado e granulitos nas áreas dissecadas.

A principal característica reside na dominância das espécies caducifólias como: angico vermelho (*Parapiptadenia regida*), aroeira (*Astronium* SP), amarelão ou garapa (*Apuleia praecox*) e outras.

Em geral a degradação do maciço é mais relevante nas superfícies que recebem o sol da tarde e/ou naquelas que recebem o sol o dia todo, isso porque ocorre um grande gradiente térmico entre o dia e a noite. Esse gradiente promove a secagem do solo que por sua vez tende a aumentar a pressão na fase ar induzindo maior quantidade de trincas de contração que podem se refletir no interior do maciço instabilizando-o e favorecendo ao processo erosivo.

A voçoroca Geovane Braga evoluiu na vertente da margem esquerda do córrego Góes, tributário do rio das Antas. As maiores altitudes estão nos topos divisores de águas e as menores próximas aos talvegues. Sendo que nos topos predominam uma diversidade altimétrica de Média/Baixa a Média que se acentuam pontualmente em rebordos erosivos dos Topos Planos a oeste e no modelado de dissecação a leste onde sobressai uma diversidade altimétrica predominantemente Alta. Os locais de diversidade altimétrica Alta também possuem elevadas declividades de 10 a mais de 45%. O detalhe topográfico permite observar até mesmo a inclinação dos taludes marcados por declividades superiores a 45%. Na margem esquerda da voçoroca as declividades predominantes variam de 5 a 10% e na margem direita predominam declividades entre 15 e 30%. As baixas declividades inferiores a 2% esboçam os topos aplanados. Imediatamente a montante da voçoroca é possível verificar a presença de relevo Côncavo-Côncavo pontual transicionando



para vertentes predominantemente Retilíneas-Retilíneas e posteriormente Côncavo-Convexo que na cabeceira da voçoroca se tornam Convexo-Côncava e posteriormente Côncavo-Convexo, sendo esta última muito concentradora de fluxos [25].

No que se refere à orientação das vertentes a margem oeste do divisor de águas está predominantemente orientada a Oeste e Noroeste. Na margem leste do divisor de águas onde os processos tem uma relação direta com a voçoroca descrita nesse item predominam vertentes orientadas a leste, mas as margens mais próximas da voçoroca possuem uma orientação distinta, sendo a margem esquerda orientada a Sul e a direita a Norte. Logo a margem direita recebe maior radiação solar, sendo que essa interação solo/atmosfera pode ser observada em campo, pois o talude dessa margem apresenta-se menos úmido do que o da outra margem. Evolutivamente, a margem direita que recebe maior insolação tende a evoluir lateralmente de maneira mais acentuada [25].

Por outro lado, observa-se que nessa margem o alargamento acentuado diminui com presença nas porções onde o talude é margeado por um fragmento de mata galeria. Nesse, a vegetação pode estar agindo como um atenuante da ação da radiação solar. Quanto à distância de drenagem o Modelado de Aplanamento permanece distante de 100 a 1000 metros dos cursos d'água enquanto no modelado de dissecação dista de 0 a 100 metros, sendo a interceptação do lençol freático provocada pelo grande aprofundamento da incisão [25].

#### 4.3. Processo de recuperação

A recuperação desta área foi realizada através do método edáfico, que contempla a recuperação de toda a área agredida no terreno primitivo, contendo aproximadamente 8214 m<sup>2</sup>, mais o perfil do solo (talude) na margem da mata, conforme apresentado na Figura 2.

**Figura 2.** Erosão



A seguir são descritas as técnicas e métodos empregados em sequência de operação na estabilização e controle dos processos erosivos.

##### 4.3.1. Retirada dos sedimentos soltos segregação de resíduos

Esta operação consistiu em retirar todo sedimento solto e também aqueles que estavam em condições instáveis. A retirada foi feita manualmente e com o uso de máquinas conforme ilustra a Figuras 3.

**Figura 3.** Uso de máquinas



Foi permitido que catadores de materiais recicláveis realizassem a coleta, conforme ilustra a Figura 4.

**Figura 4.** Segregação de resíduos manualmente



A administração municipal permitiu que a população tivesse livre acesso ao local, porém, foi permitida apenas a deposição de entulhos. As empresas (disk-entulho) responsáveis pela coleta desse tipo de material foram orientadas a vasculhar e recolher de suas caçambas, qualquer outro tipo de material existente entre os mesmos, como latas de refrigerantes, garrafas de água, papel de bala e sorvete, como demonstra a Figura 5.

**Figura 5.** Caçambas com entulhos segregados



O método utilizado pela Prefeitura não se aproxima de nenhum outro conhecido.

##### 4.3.2. Proteção das cabeceiras das erosões



A proteção das cabeceiras da erosão foi feita com a construção de canaletas de drenagem e barreiras protetoras, com o objetivo de reduzir a velocidade das águas que poderiam ocasionar erosões fazendo com que todo o serviço executado fosse danificado.

As canaletas foram projetadas de maneira a atender as necessidades do local, devido ao índice pluviométrico.

#### **4.3.3. Ancoramento dos sedimentos**

As primeiras chuvas poderiam comprometer os trabalhos caso os sedimentos não fossem ancorados. Estes sedimentos deveriam ser retidos até que a vegetação se estabeleça.

O ancoramento de sedimentos foi efetuado com o uso de paliçadas de madeira.

Este método foi escolhido, pois se mostrou adequado, para se evitar o insucesso nos trabalhos e redução de custos.

A construção das paliçadas foi feita na jusante da voçoroca com manilhas de esgoto ou para águas pluviais não mais utilizáveis disponíveis na cidade, conforme apresentado na Figura 6.

*Figura 6. Ancoramento*



Para fixar as paliçadas realizaram-se linhas de drenagem da voçoroca. Em seguida foram acomodados pneus para absorver o impacto da água que atravessa a paliçada. O uso dos pneus impede que a água faça um arraste (buraco) após a paliçada, comprometendo a sua estrutura, conforme ilustra a Figura 7.

*Figura 7. Utilização de pneus*



#### **4.3.4. Reconformação de barrancos e taludes**

A área de voçorocamento apresenta parte com barrancos

e taludes instáveis, sendo necessária a realização de reconformação para garantir a estabilização e permitir o plantio e estabelecimento da vegetação. Este trabalho foi realizado com o uso de máquinas no período mais seco, de forma a ter a área preparada para receber o plantio no início do período chuvoso, conforme apresentado na Figura 8.

*Figura 8. Uso de máquinas para reconformação*



#### **4.3.5. Cobertura inicial da área**

Após a realização das práticas mecânicas, construção das paliçadas e a reconformação de taludes e barrancos, passou-se para a aplicação de restos vegetais para a formação de cobertura morta sobre a superfície erodida até que as espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas implantadas se estabeleçam e garantam boa proteção ao solo. Para isso, foi utilizado resíduo de origem vegetal como palhas, cascas, serragens, madeiras e outros tipos de matérias disponíveis na cidade, conforme apresentado na Figura 9.

*Figura 9. Madeiras utilizadas*



#### **4.3.6. Aplicação de produtos biodegradáveis**

Foi aplicado diretamente sobre a superfície certo produto totalmente biodegradável (Embiotic – acelerador de compostagem) para acelerar a compostagem das matérias orgânicas que contribuirá para a recuperação do meio biótico no solo, controle de processos erosivos e estabilização de encostas e taludes, a Figura 10 ilustra o resultado durante a chuva, após aplicação deste produto.

*Figura 10. Resultado da compostagem da matéria orgânica*



#### 4.3.7. Revegetação da área

Para recomposição da vegetação, foram utilizadas espécies nativas adaptadas à região, como leguminosas, gramíneas de rápido desenvolvimento e ainda frutíferas plantadas com intuito de atrair os pequenos animais. Implantando o processo e aceitando o pressuposto que todas as espécies regeneram-se naturalmente, espera-se que o mesmo ocorra com a produção de sementes (floração, polinização e maturação) e sua consequente dispersão através dos ventos, pássaros, roedores, formigas etc., nos pontos degradados pela antiga ação agressiva.

O início do processo de plantio coincidiu com o início do período de chuvas (outono/novembro). Para a implantação das medidas em questão, foi utilizado um preparo mínimo possível dos solos, de forma a não interferir na estrutura física dos mesmos, em virtude da pouca profundidade. Dessa maneira, o preparo do solo se deu com máquinas de pequeno porte para o serviço de aragem e gradagem do solo e o plantio de espécies, formando uma faixa de contenção em nível, sendo ainda utilizada a incorporação da massa verde das leguminosas, promovendo uma fixação nitrogenada nos solos, melhorando a fertilidade, aumentando a atividade microbiana e minimizando os processos erosivos. Foi utilizada ainda a tecnologia de revegetação dos taludes utilizando materiais de outros sítios (adubo orgânico + terra + sementes) acondicionados em sacos de juta, fixados nos taludes inclinados (barranco de perfil exposto) com estacas de madeira.

O manejo efetuado na reconstituição florística da área se deu através do plantio intercalado das espécies nativas da Tabela 1.

**Tabela 1.** Lista, espaçamento, época e método de plantio das espécies

| Leguminosas/<br>Nativas                                                                                                                                                                             | Época    | Plantio | Espaçamento        | Método<br>de<br>Plantio                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Crotalaria<br>juncea<br>Leucena<br>Leucenaleucoc<br>ephaka<br>Calopogonio<br>Callopogomim<br>Muconoides<br>Guandu<br>Cajanus cajan<br>Dolichos lab<br>lab<br>Mucuna preta<br>Stizolobium<br>atenium | Outubro  | Janeiro | 1,0 m<br>x<br>1,0m | A lanço<br>(com o<br>cuidado<br>de efetuar<br>o<br>recobrim<br>ento das<br>sementes<br>com<br>pequena<br>camada<br>de terra)                                             |
| Embaúba, Ipê<br>amarelo,<br>Tabebuia sp,<br>Garapa,<br>Apuleia<br>leiocarpa,<br>Angico,<br>Gamelieira,<br>Ficus SP, Ipê<br>roxo, Tabebuia<br>SP, Ingá, Inga<br>SP, Jatobá.                          | Novembro | Janeiro | 3,0 m<br>x<br>2,0m | Abertura<br>de covas<br>(40cmx40<br>cm),<br>misturar a<br>terra<br>retirada<br>da cova<br>com<br>esterco<br>curtido,<br>na<br>proporção<br>de + 100<br>g de<br>calcário. |

Na faixa de 53 metros da margem da Rua 04 para dentro da área agredida foi mantida a vegetação ainda existente e não foi realizada a limpeza de forma que não se crie apenas uma faixa de proteção, mas o recobrimento total da área, obedecendo ao princípio de que as espécies pioneiras oferecerão o sombreamento e clímax adequado para o desenvolvimento das secundárias que irão surgir durante o processo de revegetação natural.

Depois de efetuado o plantio, o local foi irrigado com água até o 3º (terceiro) mês, para efetivo enraizamento (pega de planta) e posteriormente efetuado o replantio, no caso de morte de algumas espécies. Após 45 (quarenta e cinco) dias ao plantio realizou-se a adubação de cobertura com 100g de adubo NPK 10-10-10 por cova e tratos culturais (capinas) em volta das covas. Foi necessário o combate à presença de formigas e cupins, para que não ter a inibição da pega das espécies. Para tanto, utilizou iscas formicidas. As espécies foram escolhidas levando-se em consideração a facilidade de obtenção de mudas bem como a adaptação ao local a ser vegetado.

Foram realizadas inspeções periódicas das escavações, dos terraços de contenção de erosão e da pega das mudas que foram inseridas na área de interesse. E realizada manutenção periódica no replantio, para evitar a perda da camada de gramíneas formadas na superfície acelerando assim o retrocesso da área agredida.

#### 4.4. Pesquisa de campo

Os resultados obtidos na pesquisa de campo foram analisados e representados em tabelas.



Observando a Tabela 2, percebemos que, em relação à frequência dos meios de transportes que chegaram ao local para depositar os entulhos, constatou-se que o dia de maior ocorrência é a terça-feira seguida da segunda e quinta-feira, depois quarta-feira e, por último, a sexta-feira.

**Tabela 2.** Frequência de meios de transportes por dia

| Dias da semana | Frequência |
|----------------|------------|
| Segunda-feira  | 39         |
| Terça-feira    | 43         |
| Quarta-feira   | 24         |
| Quinta-feira   | 39         |
| Sexta-feira    | 18         |
| Total          | 163        |

As autoridades responsáveis tomaram a iniciativa de cercar toda a área e proibir o despejo de lixo doméstico no local, deixando bem claro, através de placas, que somente poderiam ser depositados ali entulhos (restos de construção e demolição), galhos e folhas, com acompanhamento do supervisor de obras e serviços da prefeitura.

Assim, constatou-se que somente foram depositados no local os materiais listados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Entulhos mais frequentes na erosão

| Tipos de entulho           | Frequência | Frequência em % |
|----------------------------|------------|-----------------|
| Construção                 | 68         | 43              |
| Orgânico (galhos e folhas) | 64         | 41              |
| Misto                      | 25         | 16              |
| Total                      | 157        | 100             |

Em se tratando dos tipos de meios de transportes responsáveis pela descarga desses materiais, percebeu-se que foi frequente a presença de tratores, caminhões de disk-entulho, carroças, carros particulares e carrinhos de mão.

Os meios de transportes de maior frequência por dia foram os caminhões disk-entulho, seguido dos tratores, carroças e por último os demais meios de transportes, conforme a Tabela 4.

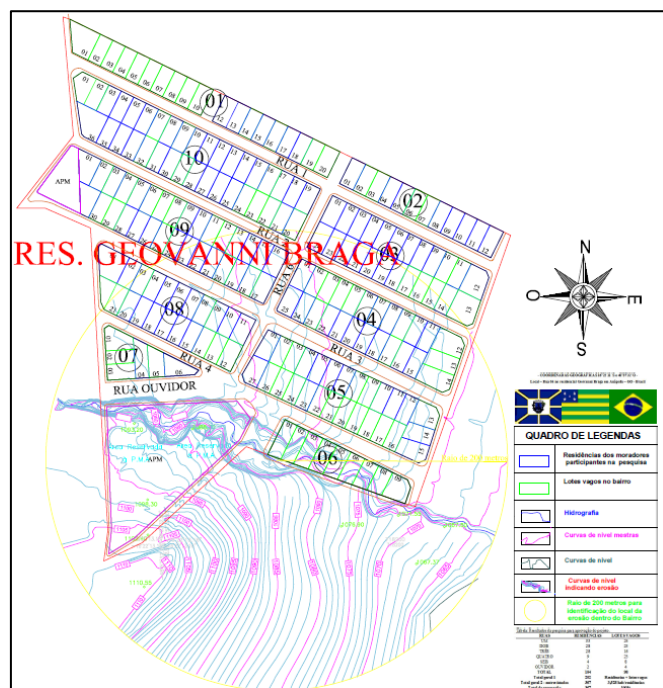
**Tabela 4.** Tipos de transportes de descargas

| Tipos de transportes    | Frequência |
|-------------------------|------------|
| Caminhão (disk-entulho) | 91         |
| Trator                  | 55         |
| Carroça                 | 13         |
| Particular              | 02         |
| Carrinhos de mão        | 07         |

#### 4.5. Pesquisa de opinião com moradores vizinhos

Foi realizada uma pesquisa de opinião nas residências dos habitantes junto com a associação dos moradores do bairro, para aprovação do projeto de recuperação da voçoroca (erosão) com materiais alternativos segregados (resíduos classe IIB – inertes – de acordo com a NBR 10.004 – ABNT 2004a), no residencial Giovanni Braga em Anápolis no Estado de Goiás, conforme apresentado na Figura 11.

**Figura 11.** Mapa da pesquisa de opinião



A pesquisa foi realizada em um total de 104 residências sendo 33 da Rua Um, 28 da Rua Dois, 28 da Rua Três, 9 da Rua Quatro, 4 da Rua Seis e 2 da Rua Ouvidor. Com um total de 367 moradores entrevistados, onde se obteve 100% de aprovação em relação à questão objetiva (aprova ou não aprova).

Dentre as respostas subjetivas dos entrevistados, foram escolhidas as mais indicativas conforme os objetivos desta pesquisa, evitando repetições.

Quanto à pergunta “Qual o seu grau de satisfação (insatisfeito, satisfeito ou muito satisfeito) em relação à intervenção na Erosão do Residencial Giovanni Braga? Por quê?” foram relatados pelos moradores entrevistados:

“Estamos muito satisfeitos, pois esta erosão data de 1965 e nunca nenhuma administração pública se comprometeu em resolver o problema.”

“Estou satisfeito, pois nunca houve nenhuma iniciativa em resolver o problema. As pessoas jogavam lixo neste local, o que provocava várias doenças nos habitantes da região.”

“Sim estou muito satisfeito, pois sempre jogavam lixo indevidamente neste local, e hoje acabou esse mau hábito.”

Quanto à pergunta “Você acredita que as obras realizadas atendem as suas expectativas e os anseios da população? Por quê?” foram relatados pelos moradores entrevistados:

“Sim acredito. Por que agora neste local vai poder construir casas, e o bairro vai ficar mais habitado.”

“Sim, por que o visual da região ficou outra coisa, muito melhor.”

“Sim, por que as benfeitorias realizadas ficaram muito boas.”

Quanto à pergunta “Você tem percepção de mudança na qualidade de vida dos habitantes deste bairro? Por quê?” foram relatados pelos moradores entrevistados:

“Sim tenho, as pessoas transitam próximas ao local onde



havia a erosão sem ter medo de serem assaltadas por ladrões que ficavam escondidos dentro dela.”

“Sim, acredito que melhorou em termos de segurança e limpeza.”

“Sim, porque havia muito lixo depositado neste local, e hoje é um lugar agradável de morar.”

Quanto à pergunta “Você acredita serem certas as ações desenvolvidas para contenção da erosão do Residencial Geovanni Braga? Por quê?” foram relatados pelos moradores entrevistados:

“Sim acredito, por que o profissional que elaborou e conduz o projeto tem atribuições em dois conselhos de classe profissional.”

“Acredito que sim, por que envolveu toda a comunidade do bairro no sentido de solucionar o problema.”

“Sim, por que o material utilizado na contenção da erosão está de acordo com as normas ambientais.”

As respostas dos moradores entrevistados, vizinhos à área recuperada, demonstraram que estes ficaram satisfeitos com a intervenção realizada. Não sendo identificado nenhum caso de insatisfação por parte dos moradores entrevistados.

## 5. Conclusion

Esta pesquisa teve como objetivo apresentar a utilização de entulhos de Construção Civil na contenção do impacto ambiental da erosão do Residencial Geovanni Braga pela Secretaria Municipal de Obras, Serviços Urbanos e Habitação da Prefeitura Municipal de Anápolis no Estado de Goiás no ano de 2015/16.

Baseado nos resultados obtidos neste estudo pode-se afirmar que o uso das técnicas empregadas mostrou-se surpreendente, não apresentando nenhum foco erosivo, e o impacto visual do local, foi sensivelmente melhorado. Sendo que os custos de execução foram menores que as técnicas tradicionais.

Concluiu-se que as técnicas utilizadas foram adequadas, eficientes e principalmente econômicas, por utilizar material de reuso doado por empresas de recolhimento da cidade.

Toda a área foi tratada e coberta por vegetação, o que facilitou a infiltração da água pluvial, ficando retida no local apenas uma pequena parte que atingiu as partes baixas e córregos, conservando assim a umidade do solo e melhorando as condições do mesmo e adjacente.

A aplicação do acelerador de compostagem protegeu imediatamente o solo conservando a umidade por um longo período de tempo. Além de que após certo período ela inicia a compostagem fornecendo nutrientes ao solo que é absorvido pelo sistema radicular das plantas e mantendo o vigor dos vegetais.

O mix de sementes e de mudas de plantas utilizadas foi muito importante por ter espécies com arquitetura de raízes e crescimento diferentes podendo manter o verde durante todo o ano.

Em síntese as técnicas adotadas no tratamento da erosão foram rápidas, extremamente eficientes e de custo extremamente reduzido quando comparado com os métodos tradicionais. Os resultados agradaram a população vizinha melhorando o visual, e não apresentando que houve interferência do homem naquele local.

Para continuidade desta pesquisa sugere-se a realização de estudos semelhantes em outras regiões com erosões.

---

## References

- [1] PEREIRA, A. R. Nova Tecnologia no Controle de Erosões e Revegetação de Áreas Degradadas. I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MINÉRIO DE FERRO, Ouro Preto, MG – Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 615-619 p, 1996.
- [2] LOPES, S. L.; GUERRA, A. J. T. Monitoramento de voçorocas por satélites GPS em áreas de areia quartzosa podzolizada: Praia Mole, Florianópolis-SC. In. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Goiânia-GO, V. 1, N. 1, p. 106, 2001.
- [3] GALETI, P. A. Práticas de controle à erosão. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 278 p, 1984.
- [4] PEREIRA, A. R. Técnicas de Bioengenharia usadas na Proteção e Recuperação do solo. WORKSHOP SOBRE TÉCNICAS AVANÇADAS NO CONTROLE DE PROCESSOS EROSIVOS. ANAIS. SME Sociedade Mineira de Engenheiros, 1-8 p, 1997.
- [5] FERREIRA, R. R. M.; FERREIRA, V. M.; TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R. Origem e evolução de voçorocas em Cambissolos na bacia do alto Rio Grande, Minas Gerais. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007, Gramado-RS. Anais, 2007.
- [6] AB’SABER, A. N. As boçorocas de Franca. Revista da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Franca, 1(2): 5-27, Franca, 1968.
- [7] LIMA, M. C. Degradação físico-química e mineralógica de maciços junto às voçorocas. Tese de Doutorado em Geotecnica, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, FT, UnB, Brasília, DF, 2003.
- [8] IWASA, O.Y. & FENDRICH, R. Controle de Erosão Urbana. Oliveira, A. M. S., Brito, S. N. A. (Org.). Geologia de Engenharia. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE, São Paulo, SP, p. 271-282, 1998.
- [9] CAMAPUM DE CARVALHO, J.; SALES, M.M.; MORTARI, D.; FÁZIO, J.A.; MOTTA, N.O. & FRANCISCO, R.A. Processos erosivos. Camapum de Carvalho, J. et al. (Org.). Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro, Finatec, Brasília, DF, 2006.
- [10] MORGAN, R. P. C. Establishment of plant cover parameters for modelling splash and detachment. In: EL-SWAIFY, W. C.; MOLDENHAUER, W. C.; LO, A. (Eds.). Soil erosion and conservation. Ankeny, Iowa: Soil Conservation Society of America, p. 377-383, 1985.
- [11] EMBRAPA SOLOS. Relatório técnico e plano de monitoramento do Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas. Rio de Janeiro, 2002.
- [12] CARVALHO, E. T. de. Projeto manuelzão: curso gestão de bacia hidrográfica. Comitês das bacias hidrográficas do Arrudas e do Onça. Belo Horizonte, 2004.
- [13] CAPPI, D. M. Recuperação ambiental de áreas erodidas como alternativa de destino final de pneus inservíveis. 2004. 60 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- [14] MARTINS, H. A. F. A. Utilização da Borracha de Pneus na Pavimentação Asfáltica. Trabalho de Conclusão de Curso

Universidade Anhembi Morumbi no âmbito do Curso de Engenharia Civil com ênfase Ambiental. São Paulo, 2004.

- [15] RAMOS, L. S. N. A logística Reversa de Pneus Inservíveis: O problema da Localização dos Pontos de Coleta. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós- Graduação e Engenharia de Produção, Florianópolis, 2005.
- [16] HAUG, R. T.; The Practical Handbook of Composting Engineering. Boca Raton, Lewis Publisher, Boca Raton, FL, 1993.
- [17] INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M.; Compostagem: ciência e prática aplicadas à gestão de resíduos. EMBRAPA. 2009.
- [18] GRAY, D. H E SOTIR, R. B. Biothechnical and soil bioengineering slope stabilization: a pratical guide for erosion control , John Wiley & Sons, Inc., 1996.
- [19] GOLDMAN, S. J. Erosion and Sediment Control Handbook, New York. McGraw-Hill-USA. 1986.
- [20] GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 1999.
- [21] GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- [22] MATTAR, F. N. Pesquisa de Marketing: Metodologia e Planejamento. São Paulo: Atlas, 1996.
- [23] YIN, R. K. Estudo de Caso: Planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- [24] NIMER, E. Clima. In: Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.
- [25] JESUS, A. S. Investigação multidisciplinar de processos erosivos lineares: estudo de caso da cidade de Anápolis – GO. Tese de Doutorado, Publicação G.T.D. 087/2013, Programa de PósGraduação em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil Universidade de Brasília, 2013.