

Eixo Temático ET-03-001 - Meio Ambiente e Recursos Naturais

CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELA EXTRAÇÃO DE ARGILA VERMELHA NA MARGEM DO RIO ARAÇAGI NO DISTRITO DE CACHOEIRA DOS GUEDES-PB

Bruno Soares Leal¹, Roberta Maria de Albuquerque Lacerda²

¹Graduado.Faculdade Internacional da Paraíba. João Pessoa, PB, Brasil.

²Professora.Faculdade Internacional da Paraíba. João Pessoa, PB, Brasil.

RESUMO

Como toda atividade, a extração de argila causa impactos significativos ao meio ambiente. Através deste trabalho propôs-se caracterizar os impactos ambientais negativos gerados pela extração de argila na margem do rio Araçagi no distrito de Cachoeira dos Guedes – PB, com o objetivo de verificar a ocorrência da erosão a margem do rio, estimar o volume de argila extraída na planície aluvial, observar se há assoreamento no rio e especificar se há compactação no solo. A caracterização foi realizada com base na literatura e ações in loco. Foram realizados o levantamento de profundidade e largura de ravinas existentes no local, a análise físico-química da água, a estimativa do mineral retirado e o nível de compactação do solo. A área apresentou um processo erosivo bastante acentuado influenciando diretamente na qualidade da água do rio. Propomos neste trabalho a realização de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD, para sanar a degradação proveniente da extração de argilas, obedecendo à legislação vigente, Constituição Federal, Art. 225 Parágrafo 2º que diz: “é obrigatório ao minerador a recuperar o meio ambiente degradado de acordo com as soluções técnicas existentes”.

Palavras-chave: Assoreamento; Erosão; Mineração; Planície aluvial.

INTRODUÇÃO

A extração mineral é considerada um dos pilares da economia de uma região e contribui para o bem-estar e melhoria de vida da população. Porém é fundamental a observância dos aspectos relacionados à responsabilidade social, sempre considerando os preceitos do desenvolvimento sustentável (FARIAS, 2002).

Durante a década de 1970, sustentada por uma demanda continuada, ocorre o crescimento da construção civil no País, provocando a modernização e expansão da indústria nacional.

As argilas utilizadas na indústria de cerâmica abrangem uma grande variedade de substâncias minerais de natureza argilosa. Segundo Branco (2008), as argilas são formadas por alterações termodinâmicas nas rochas constituídas de vários minerais dentre eles os filossilicatos.

O Brasil é um grande produtor em matéria prima para cerâmica vermelha. No país a produção da mesma é extensiva, sendo este um dos maiores produtores e consumidores do mundo (VIEIRA et al., 2008).

No estado da Paraíba este cenário não é diferente, pois o mesmo conta com um rico depósito sedimentar o que contribui para o desenvolvimento da atividade. A mesorregião do Agreste Paraibano é um dos principais fornecedores desse mineral, pois possui várias bacias hidrográficas a exemplo, da bacia do rio Mamanguape e do rio Paraíba, que por sua vez é riquíssima em material argiloso (MACEDO et al., 2008).

Em parcela significativa dessa atividade, a lavra é realizada sem um planejamento adequado, sendo que muitos pequenos empreendimentos são conduzidos de maneira precária, com práticas artesanais, sem o devido controle técnico das operações (CABRAL JUNIOR et al., 2005). Para controlar, monitorar e mitigar os efeitos da mineração, cuidados devem ser tomados

no início da implantação do empreendimento, desde a retirada da vegetação até a execução da extração da argila. Essas intervenções, na sua totalidade, requerem estudo para uma atividade ordenada e produtiva (MAIA e BARROS, 2010).

A legislação brasileira diz conforme o artigo 2º, do Decreto nº 97.632/89 (BRASIL, 1989), que regulamenta o artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938/1981, (BRASIL, 1981) “são considerados como degradação os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a capacidade produtiva dos recursos ambientais”.

O Código de Minas, Decreto nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, é a principal norma que disciplina a atividade no país. Esse código institui o licenciamento para a lavra, emitido pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e a administração dos recursos minerais quanto o consumo, a produção e a distribuição (BRASIL, 1967).

Assim a atividade de mineração necessita de um estudo de avaliação ambiental, uma vez que a legislação condiciona a lavra mediante a apresentação de um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD). A Constituição Federal em seu art. 225, parágrafo 2º institui que “é obrigatório ao minerador a recuperar o meio ambiente degradado de acordo com as soluções técnicas existentes” (BRASIL, 1988). Já a Política Nacional do Meio Ambiente Lei nº 6.938/81 define a prevenção e a mitigação dos impactos da mineração sobre o meio ambiente como instrumentos obrigatórios na execução dessa atividade (BRASIL, 1981).

Para Farias (2002), as principais consequências resultantes da mineração no Brasil são a poluição de águas superficiais, a destruição de mata ciliar, utilização da lenha como fonte de energia e a destruição do leito de rios.

O Distrito de Cachoeira dos Guedes apresenta várias fábricas de cerâmica vermelha, logo a atividade da extração da argila é intensa e vem provocando grandes modificações no ambiente.

A pesquisa teve como objetivo caracterizar os impactos ambientais negativos gerados pela extração de argila vermelha na margem do rio Araçagi no distrito de Cachoeira dos Guedes. Os objetivos específicos foram: Verificar a ocorrência de erosão na margem do rio; estimar o volume de argila extraída na planície de alagamento; observar se há o processo de assoreamento no rio; especificar se há compactação no solo.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

O Distrito de Cachoeira dos Guedes está localizado na Mesorregião do Agreste paraibano. Situa-se na margem direita do rio Araçagi, um dos afluentes do rio Mamanguape, na zona rural do município de Guarabira, conforme apresenta a Figura 1.



Figura 1. Localização do distrito de Cachoeira dos Guedes. **Fonte:** AUTORES (2015).

Possui como características físicas bióticas, solos relativamente férteis com variações entre solos profundos (argissolos) e solos rasos (litossolos), com relevo acentuado, pois está situado na região de transição entre a planície litorânea e as elevações do planalto da

Borborema. Sua vegetação é predominantemente caducifólia inserida no bioma caatinga (BELTRÃO et al., 2005). Apresenta um clima quente e seco no verão e úmido no inverno, com precipitações entre os meses de março a agosto, média de 1.100 mm/ano, e uma temperatura média de 25,2°C (PARAÍBA, 2014).

O estudo foi desenvolvido numa parcela da planície aluvial do rio Araçagi situada nesse distrito. A parcela apresenta uma área total de 5,67 ha, conforme Figura 2.



Figura 2. Área definida para o estudo. **Fonte:** AUTORES (2015).

Para a escolha dessa área foram observados alguns fatores como: facilidade ao acesso para realização da pesquisa em campo e a existência de informações geológicas do depósito de argila.

Caracterização dos impactos ambientais negativos na fase de operação

Nesta etapa foi designado o método de avaliação de impactos, lista de verificação, através de visitas in loco com o auxílio de câmera fotográfica de alta resolução e pesquisas bibliográficas, afim de, qualificar e quantificar os impactos e identificar os processos físicos e bióticos afetados pela atividade extrativista.

Cálculo do volume de argila extraída da planície de alagamento

O volume de argila extraída da área foi calculado, através de consultas bibliográficas e acervos técnicos que disponibilizaram informações sobre os caracteres geológicos e pedológicos. Segundo Destefani et al. (2012) é necessário obedecer alguns critérios, para estimar o volume, como, diferenças litológicas, granulometria e plasticidade do material, presença de afloramentos rochosos e depósitos arenosos presentes em aluviões de depósitos de canais fluviais, áreas de APP's e banhados e as características topográficas da planície. A área analisada foi definida como um polígono para facilitar o cálculo do volume retirado em m³, conforme Figura 3.



Figura 3. Área estudada rio Araçagi. **Fonte:** GOOGLE EARTH (2011). Adaptado pelos autores (2015).

Maranhão (1982) afirma que os depósitos minerais podem ser reunidos em função do tamanho dos corpos mineralizados. No estudo em questão, a forma de espacialização do minério adotada foi a horizontal por se tratar de uma planície de alagamento. Logo a reserva

mineral (R) é igual ao produto da espessura do material removido (E_M) pela superfície minerada (S). Sendo assim ficou definido a Equação 1.

$$R = S \times E_M \quad (1)$$

Verificação da ocorrência dos processos erosivos na planície de alagamento

Ocorreu através de visita in loco, com auxílio de câmera fotográfica e uma trena para registro e medição de profundidade, comprimento e largura dos sucos e ravinas ocasionados devido ao desmatamento da área. Em seguida os danos causados pela erosão hídrica foram caracterizados qualitativamente.

Observação do processo de assoreamento do rio Araçagi

Foram realizadas coletas de amostras em três pontos do rio, para caracterizar através da análise físico-química o grau de turbidez em relação ao indicador previsto na legislação, a Resolução CONAMA nº 357/2005. Utilizou-se o turbidímetro modelo TB 1000 da MS TECNOPON, disponibilizado pelo Instituto Federal da Paraíba (IFPB), para a realização das análises. O primeiro ponto de coleta foi a montante da área estudada, o segundo ponto foi precisamente no local estudado e o terceiro ponto foi à jusante da área analisada, conforme identificados na Figura 4.



Figura 4 - Localização dos pontos de coleta. **Fonte:** GOOGLE EARTH (2011). Adaptado pelos autores (2015).

Especificação do grau de compactação no solo

Para especificar o grau de compactação foi utilizado o método do perfil cultural (DOMINGOS et al., 2009), com vista a detectar as modificações estruturais provocadas no solo, como, porosidade, continuidade dos poros, consistência, textura, atividade biológica, umidade, direção e formato das raízes e fissuras. Com o auxílio de uma faca foi delimitado volume de solo alterado pelo manejo, comparando-os aqueles encontrados sob a mata nativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Identificação dos impactos ambientais negativos nos meios físico e biótico na fase de operação da atividade de extração de argila

A parcela da planície aluvial do rio é definida como Área de Preservação Permanente – APP estando regulamentado pela Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), que dispõem sobre o novo Código Florestal. As áreas de preservação permanente devem ser efetivamente preservadas, pois possuem funções ambientais, principalmente relacionadas à: preservação dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica, da biodiversidade, do fluxo gênico de fauna e flora, da proteção do solo e de assegurar o bem-estar das populações humanas (SILVA et al., 2012). No entanto diversas atividades podem ser responsáveis pela degradação da APP, dentre elas a mineração, logo a atividade extrativista não poderia ser realizada na área estudada, pois deveria ser preservada uma faixa marginal de no mínimo 30 m conforme define o artigo 4º da referida Lei, cujo objetivo é garantir o equilíbrio ambiental para que os processos naturais não sofram alterações.

Esta etapa foi caracterizada pela lista de verificação. De acordo com Rovere (1992), o método da lista de verificação, são relações padronizadas de fatores ambientais a partir das quais identificam os impactos provocados por um projeto específico.

Assim, de acordo com o desenvolvimento da atividade, foram identificados apenas os impactos ambientais negativos relacionados à fase de operação, por serem mais representativos quanto à interferência no meio ambiente.

Foi adotado o modelo de lista de verificação proposto por (SILVA et al., 2012), que identificou os impactos gerados pela extração e correlacionou com os meios físico e biótico, conforme apresenta a Fig. 5. Foram identificados oito impactos ambientais negativos, sendo que quatro deles degradaram o meio físico, e outros quatro degradaram o meio biótico.

IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS
MEIO FÍSICO
Ocorrência de erosão
Assoreamento no leito do rio
Alteração da qualidade da água do rio
Compactação do solo
MEIO BIÓTICO
Alteração da flora
Interferência na fauna terrestre e aquática
Degradação da APP
Interferência na microfauna do solo

Figura 5. Identificação dos impactos ambientais negativos. **Fonte:** Adaptado de SILVA (2012).

De acordo com Silva et al. (2012), a degradação ambiental proveniente da atividade extrativista nos leitos de rios decorrentes da falta de planejamento, está relacionada diretamente com a retirada da vegetação nativa sem a preocupação de preservação ambiental, e sem observar a vulnerabilidade e a resiliência local, não permitindo que o meio ambiente retome às suas propriedades naturais.

Assim por meio da lista de verificação ficou evidenciado que os danos causados ao meio ambiente têm íntima relação com a falta de planejamento, pois a extração mineral ocorreu numa área com um grau de resiliência baixo, visto que, a mata ciliar foi suprimida e assim os processos naturais como, a erosão, foram acelerados causando danos ao solo e fazendo com que a área tenha uma lenta recuperação, gerando significativas mudanças no meio físico e biótico.

Os impactos identificados no meio físico e biótico estão correlacionados, pois um é gerado por consequência do outro tendo como ponto inicial para essa interação, a retirada da vegetação nativa (alteração da flora), e consequente interferência na fauna e microfauna terrestre.

À vegetação natural mantém na área um processo erosivo natural, atenuando a ação das chuvas no solo. Quando essa vegetação é retirada, pode se instalar um processo de erosão acelerado, pois ela ocorre mais rápida que o processo de formação do solo, não permitindo que este adquira suas propriedades iniciais.

Estimativa do volume mineral extraído na parcela da planície aluvial do rio

O solo da área estudada é definido como Argissolo Vermelho- Amarelo (EMBRAPA, 2006). São solos com horizonte B textural, caracterizado por acumulação de argila, por aluviões, translocação lateral e interna ou formação no próprio horizonte. Em geral apresentam diferenças significativas no teor de argila entre os horizontes A e B, passando de um horizonte superficial mais arenoso, para um horizonte subsuperficial mais argiloso (CUNHA e GUERRA, 2003).

Com o reconhecimento geológico da área, foi possível estimar o volume extraído, seguindo o Decreto nº 62.934, de 2 de julho de 1968, que aprova o Regulamento do Código de

Mineração (BRASIL, 1968). Esse decreto, propõem no seu art. 26 a tabulação das espessuras, áreas, volumes e teores necessários aos cálculos das reservas medida, indicada e inferida.

Para o cálculo da reserva inferida de argila foram utilizados o tamanho da área, calculado através do software Google Earth®, apresentando uma área de 5,67 ha, e a altura da camada de argila, determinada pela aferição do talude inserido na área de extração. Desta forma foram dimensionadas as espessuras dos perfis do solo.

O primeiro perfil conteve material arenoso e orgânico, horizonte A, com espessura de 0,50 m, e o segundo perfil consistiu em material argiloso, horizonte B, com 4,75 m de espessura, conforme apresentado na Figura 6.

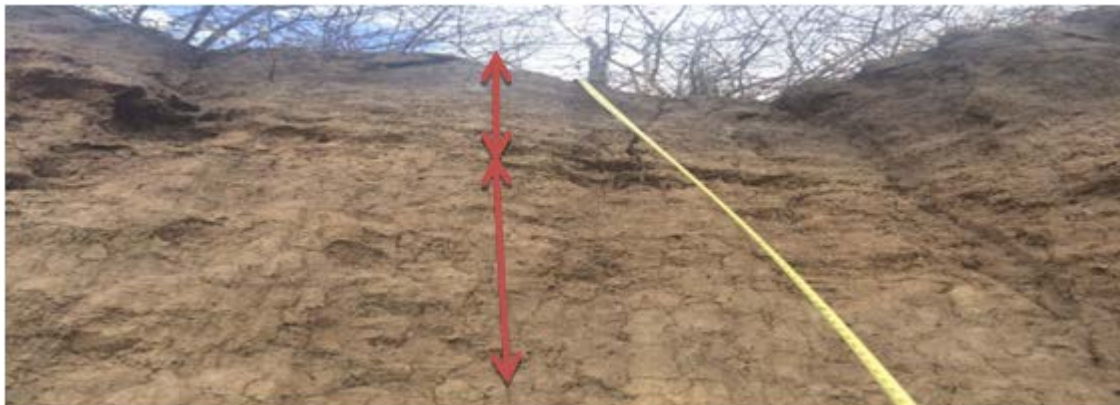


Figura 6. Perfis de solo, horizontes A e B **Fonte:** AUTORES (2015).

Neste sentido o cálculo do volume de argila extraída da área se obteve pela aplicação da Eqiação 1, onde a reserva mineral (R), foi determinada pelo produto da espessura do perfil argiloso (E_{α}) em relação a área de extração, definido como superfície mineralizada (S).

Logo:

R= reserva mineral;

E_{α} = espessura do perfil argiloso - 4,75 m;

S= superfície mineralizada - 5,67 ha = 56.700 m².

$$R = S \times E_{\text{horizonte B}} \quad (1)$$

$$R = 56.700 \text{ m}^2 \times 4,75 \text{ m}$$

Assim:

$$R = 269.325 \text{ m}^3$$

Neste contexto, o volume retirado do mineral na área analisada importou a quantidade de 269.325 m³ de argila, deixando um considerável impacto ambiental, visto que no local há apenas uma área abandonada, sem nenhum indício de recuperação.

O volume de solo fértil retirado da área também foi estimado a partir da mesma Eq. 1, utilizando a espessura do perfil arenoso do horizonte A. Desta forma segue o cálculo:

$$R = S \times E_{\text{horizonte A}}$$

$$R = 56.700 \text{ m}^2 \times 0,50 \text{ m}$$

Assim:

$$R = 28.350 \text{ m}^3$$

A retirada de 28.350 m³ da camada fértil acarretou numa série de desequilíbrio no local, como o aumento da erosão, a supressão da mata ciliar aumentando o processo de assoreamento e principalmente ocasionando a perda de solo fértil incidindo diretamente no desenvolvimento da flora e alterando a microfauna.

Entretanto esses cálculos, tem suas limitações, admitindo erros superiores a 50 % (DNPM, 1992), visto que o resultado mais aproximado da realidade seria dado com a prospecção a trado mecânico para medir a real profundidade das camadas de argila e amostras de continuidade do recurso.

Identificação da erosão pluvial na planície de alagamento

A erosão superficial analisada é definida por um processo de destacamento e transporte de partículas. É iniciada por força de arrasto, de impacto ou tração agindo em partículas individuais da superfície do solo, quando as próprias gotas de chuva ao colidirem com o solo desnudo e sem cultivo causa a desagregação de partículas de solo e o seu transporte.

No início esse processo forma pequenas canaletas para o escoamento, podendo evoluir para pequenos canais chamados de sucros ou ravinas, sendo esses diferenciados por sua profundidade e largura (ARAÚJO et al., 2004). A não contenção desse processo pode originar em canais maiores e mais profundos, chamados de voçoroca, um fenômeno complexo e destrutivo, que uma vez iniciado, é difícil de conter.

A parcela da planície aluvial adotada no presente trabalho apresenta um processo erosivo acelerado. No local foram identificados alguns sucros e ravinas que caracterizam o processo de erosão pluvial, acelerado devido à atuação humana. Pode-se identifica-lo através da Fig. 7. Foram realizadas medições de profundidade e largura, em três ravinas presentes no local. As medições comprovaram o processo de erosão pluvial existente na área.



Figura 7. Medição da ravina, erosão pluvial na planície aluvial do Rio Araçagi. **Fonte:** AUTORES (2015).

A Tabela 1 nos traz as medidas realizadas *in loco*.

Tabela 1. Média aritmética de profundidade e largura das ravinas.

Medida (cm)	Ravina 1	Ravina 2	Ravina 3	Média
Largura	60	40	50	50
Profundidade	30	20	20	23

Fonte: AUTORES (2015).

Ao analisarmos a Tabela 1, pode-se perceber que há uma dimensão considerável das ravinas identificadas na área. A média de 50 cm de largura e 23 cm de profundidade deixa claro

que no local existe um processo erosivo contínuo o que vem ocasionando um desequilíbrio no solo e que poderá gerar processos irreversíveis, podendo se expandir para outras áreas.

Araújo et.al., (2004) esclarece que a proteção à erosão consiste essencialmente de: 1- diminuir as forças de tração ou arrasto, diminuindo a velocidade do fluxo d'água sobre a superfície ou dissipando a energia da água em uma área protegida; e 2- aumentar a resistência à erosão através da proteção da superfície com uma cobertura adequada ou pelo aumento da força de ligação entre as partículas. Eles ainda complementam afirmando que a vegetação tem uma função extremamente importante no controle da erosão pluvial. Ao contrário que quaisquer outras medidas que preservem ou melhorem, o estabelecimento da vegetação é que retardará significativamente a perda de solo e minimizará a erosão.

Na Figura 8 pode-se observar esta relação, evidenciando o grau de importância da cobertura vegetal para preservação do solo. O presente gráfico ilustra a relação entre a ocorrência da erosão e a precipitação média anual em condições de vegetação natural preservada e após a sua remoção. Pode-se observar que a erosão pluvial aumenta exponencialmente com a precipitação média até próximo 750 mm, no entanto ao compararmos a ocorrência da erosão pluvial sob a vegetação preservada, constatamos que o efeito erosivo permanece no mesmo patamar até 900 mm de precipitação, diminuindo a partir desse valor mesmo com o aumento da precipitação. Quando a vegetação natural é removida pode-se constatar que a erosão aumenta linearmente com o aumento da precipitação a partir de 750 mm.

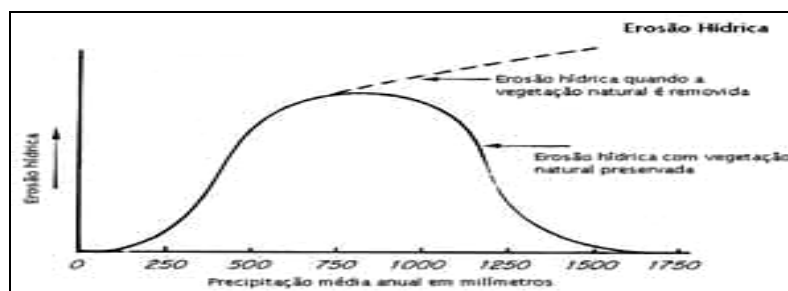


Figura 8. Relação entre cobertura vegetal e a ocorrência de erosão. **Fonte:** SANTOS (2007).

A área em estudo apresenta uma precipitação média anual de 1.100 mm, e sua vegetação foi removida, logo há um processo erosivo acelerado e contínuo. Neste contexto afirma-se que é íntima a relação entre o clima e a cobertura vegetal da área estudada, interferindo diretamente no processo erosivo.

Análise físico-química do parâmetro turbidez da água do Rio Araçagi

O assoreamento de um rio pode ser definido como consequência de uma erosão, ou seja, é o resultado da deposição do material transportado através da erosão.

De acordo com Abdon (2004) o assoreamento numa bacia hidrográfica encontra-se intimamente relacionado aos processos erosivos, uma vez que este processo é que fornece os materiais que darão origem a esse fenômeno.

Com o assoreamento os recursos hídricos são afetados pelo acúmulo de sedimentos, o que resulta no excesso de material sobre o seu leito, modificando a qualidade do ambiente aquático. O mesmo ainda provoca o soterramento de nascentes, canais fluviais, lagoas, lagoas, estuários, açudes, represas e ou áreas rebaixadas.

Originalmente o assoreamento é natural e proporciona a formação de diferentes tipos de planícies, porém é intensificado pelas ações humanas, uma vez que, a vegetação das margens é removida para o desenvolvimento de atividades antrópicas.

Esse material depositado é levado pelo rio e quando encontra locais mais planos, onde a velocidade do curso d'água não é muito acelerada, deposita-se no fundo, acumulando e, eventualmente, formando bancos de areia ao longo do curso. Quando a quantidade de sedimentos é muito grande e pesada, eles transportam-se por rolamento (no fundo dos rios) ou

se acumulam no leito, trazendo prejuízos ao escoamento fluvial e impactando diretamente na drenagem natural. Esse fenômeno ainda pode causar a redução no volume de água, que se tornam turvas e impedem a entrada de luz, impossibilitando a renovação do oxigênio alterando assim a fauna e flora existentes.

A Figura 9 mostra o fluxograma do processo de assoreamento. Os sedimentos são transportados de uma região mais elevada para uma porção mais baixa e aplainada.

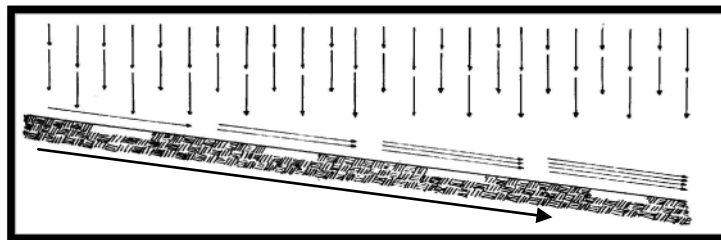


Figura 9. Fluxograma do processo de assoreamento **Fonte:** SANTOS (2000).

O assoreamento é um fenômeno comum à jusante das áreas com o desenvolvimento de atividades e que apresentem uma considerável susceptibilidade aos processos erosivos. Logo quando ocorre o uso intensivo e inadequado de uma área, permitirá o deslocamento de grandes quantidades de sedimentos promovendo assim o assoreamento dos corpos d'água.

Nesta etapa foram realizadas análises físico-química da água do rio Araçagi. As coletas ocorreram conforme descritas nos procedimentos metodológicos. Para tanto essas coletas foram comparadas ao parâmetro turbidez previsto na Resolução CONAMA nº 357/2005.

O rio Araçagi é classificado pela Agência Estadual de Gestão das Águas - AESA, como classe 2 (PARAÍBA, 1988), logo seu uso deve ser destinado dentre outros, à preservação das comunidades aquáticas. A Figura 10 apresenta o resultado da análise físico-química do parâmetro turbidez das três amostras coletadas do rio Araçagi e as compara com o indicador previsto na resolução CONAMA nº 357/2005.

Análise físico-química			
Turbidez do Rio Araçagi			
Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	CONAMA nº357/2005 Rio Classe II
Montante	Área do estudo	Jusante	
13,7 UNT	16 UNT	44 UNT	100 UNT

Figura 10. Resultados da turbidez do rio Araçagi. **Fonte:** AUTORES (2015).

Conforme observa-se a Figura 10, percebe-se que há um aumento significativo na unidade nefelométrica de turbidez (UNT) no ponto a jusante da área estudada.

Assim pelos resultados das análises de turbidez há um considerável processo de assoreamento do rio Araçagi, apesar dele ainda apresentar características naturais em seu leito, porém esse processo é contínuo e poderá provocar danos futuros.

Avaliação qualitativa do grau de compactação no solo

Conforme apresentado nos procedimentos metodológicos, o perfil cultural seria o método adotado para a qualificação do grau de compactação do solo, porém devido ao elevado estágio de compactação no local, não foi possível a aplicação do método. O solo local apresentou uma grande resistência à penetração do equipamento utilizado para determinar o perfil a ser analisado. Assim a avaliação foi realizada através da observação de evidências que comprovassem a compactação existente, como: crosta no solo; água empoçada; erosão excessiva pela água pluvial.

A compactação é definida como uma alteração no arranjo de suas partículas constituintes, reduzindo o volume ocupado por uma determinada massa do solo e o tamanho dos poros que permitem livre circulação de água e ar, chamados macro poros (ARAÚJO, 2004).

O processo de compactação do solo pode ser entendido em duas fases, compactação provocada por causas internas e a provocada por causas externas. A primeira pode ser exemplificada pela compactação devido a contração do solo causada pela secagem do mesmo. Na segunda fase pode ser influenciado pela aplicação de forças externas de compressão, através do deslocamento das máquinas ou fenômenos naturais.

O desmatamento ocasionado pela atividade extrativista provoca um intenso grau de compactação, pois com a retirada da vegetação o solo ficou exposto à incidência dos fenômenos naturais, como a radiação solar e o impacto sobre a superfície do solo provocado pelo deslocamento de máquinas, compactação antrópica, e ou precipitações que pode ser considerado um processo natural.

A Figura 11 identifica o processo de compactação na parcela da planície aluvial do rio Araçagi. O solo analisado se encontra num considerável estágio de compactação, pois o local apresenta presença de erosão hídrica, solo fragmentado apresentando rachaduras.

Diante desta ilustração pode-se observar uma zona compactada, que dificulta o processo de percolação da água pluvial. Nesse contexto afirma-se que esse processo pode limitar a absorção de nutrientes, a infiltração e redistribuição de água, trocas gasosas e o desenvolvimento dos sistemas radiculares da flora.



Figura 11. Compactação do solo da área estudada **Fonte:** AUTORES (2015).

Assim o solo argissolo vermelho-amarelo presente no ambiente de estudo, apresenta uma grande susceptibilidade à compactação, pois este contém um teor de argila alto no perfil subsuperficial, o que facilita o processo.

CONCLUSÕES

1. Não houve um planejamento adequado para extrair a argila;
2. A extração de argila na margem do rio causou danos significativos ao meio ambiente;
3. A parcela da planície aluvial do rio Araçagi apresentou uma significativa erosão pluvial acelerada devido à atividade extrativista;
4. O rio Araçagi apresentou uma considerável modificação na qualidade da água à jusante da área de estudo;
5. Se propõe à elaboração de um Plano de Recuperação de Área Degradada – PRAD.

REFERÊNCIAS

ABDON, M. M. **Os impactos ambientais no meio físico: erosão e assoreamento na bacia hidrográfica do rio taquari, MS, em decorrência da pecuária.** Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2004.

- ARAÚJO, A. G. **Estimativa e classificação da compactação do solo pelo tráfego de máquinas agrícolas através da modelagem nebulosa**. Tese apresentada a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.
- BELTRÃO, B. A.; MORAES, F.; MASCARENHAS, J. C.; MIRANDA, J. L. F.; SOUZA, L. C.; MENDES, V. A. **Diagnóstico do Município de Guarabira**. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea estado de Paraíba. Ministério de Minas e Energia, Brasil. CPRM, Recife, 2005.
- BRANCO, P. M. **Dicionário de Mineralogia e Gemologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- BRASIL. **Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967**. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas). DOU de 28.2.1967.
- BRASIL. **Constituição (1988)**: Emendas constitucionais nº 1/92 a 68/2011. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2012. 454 p.
- BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. DOU de 2.9.1981.
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. DOU de 28.5.2012.
- BRASIL. **Decreto nº 62.934, de 2 de julho de 1968**. Aprova o Regulamento do Código de Mineração. DOU de 21.8.1968.
- BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e da outra providência. DOU nº 053 de 18/03/2005, p. 58-63.
- CABRAL JUNIOR, M.; MOTTA, J.F.M.; ALMEIDA, A.S.; TANNO, L.C. **Argila para Cerâmica Vermelha**. In: LUZ, A.B.; LINS, F.A.F. **Rochas e Minerais Industriais**. 2. ed. Rio de Janeiro: 2005.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, J. T. **Geomorfologia do Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- DESTEFANI, E. V.; CUNHA, L. C.; NAGALLI, J. T. Diagnóstico quantitativo de depósito de argila e determinação do período de suprimento do minério de acordo com a demanda das indústrias de cerâmica vermelha do município de São Manoel do Paraná (PR) como estratégia de planejamento ambiental. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 861-874, 2012.
- FARIAS, C. E. G. Mineração e meio ambiente no Brasil. Relatório preparado para o CGEE- PNUD-Contrato 2002/001604. Brasília, 2002.
- DNPM. Boas técnicas de um sistema de quantificação do patrimônio mineral brasileiro. DNPM, Brasília, 1992.
- DOMINGOS, M. M. M; GASPARETTO, N. V. L; NAKASHIMA, P; RALISCK, R; TAVARES, J. Estrutura de um nitossolo vermelho latossólico eutroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e floresta. Seção I - Física do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 33 p. 1517-1524, 2009.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro nacional de pesquisa de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.
- FARIAS, C. E. G. Mineração e meio ambiente no Brasil. Relatório preparado para o CGEE-PNUD-Contrato 2002/001604. Brasília, 2002.
- MAIA, A. S. C; BARROS, A. B. Plano de controle ambiental, sustentabilidade na extração de jazida e sua aplicabilidade. **Caminhos de Geografia**, v. 8, n. 23, p. 140-146, 2010.
- MACEDO, R. S; MENEZES, R. R; NEVES, G. A; FERREIRA, H. C. Estudo de argilas usadas em cerâmica vermelha. Departamento de Engenharia de Materiais, UFCG. CERÂMICA 54. Campina Grande, 2008.
- MARANHÃO, R. J. L. **Introdução a Pesquisa Mineral**. Banco do Nordeste do Brasil. 1982.

PARAÍBA, Departamento de Ciências Atmosféricas. Temperatura máxima mensal e anual da Paraíba. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2014. Disponível em: <<https://archive.is/mdtea>>. Acesso em 23 set. 2015.

PARAÍBA. Enquadramento dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Mamanguape. Sistema estadual de atividades poluidoras – SELAP, AESA. Paraíba, 1988.

ROVERE, E. L. **Metodologia de Avaliação de Impacto Ambiental**. Documento final, “Instrumentos de Planejamento e Gestão Ambiental para a Amazônia, Pantanal e Cerrado - Demandas e Propostas”. Brasília: Ibama, 1992.

SILVA, L. M.; MEDEIROS, F. A.; CORDEIRO, N. R. Avaliação de impacto ambiental na atividade de extração de areia do Engenho Baité - Barreiros - PE. 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Bento Gonçalves, 2012.

VIEIRA, C.M.F.; SÁNCHEZ, R.; MONTEIRO, S.N. Características de argilas e propriedades de cerâmica de construção no estado do Rio de Janeiro, Brasil. Construção e materiais de construção. Cap.22, p. 781-787, 2008.