



JOURNAL OF ECOINNOVATION AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT - online (2965-9515)

## ***ANÁLISE MULTITEMPORAL DO CRESCIMENTO DA PILHA DE RESÍDUO DE CAULIM EM EQUADOR - RN***

### ***MULTITEMPORAL ANALYSIS OF KAOLIN WASTE PILE GROWTH IN EQUADOR - RN***

**Marcelo Gomes de Lira Filho**

<https://orcid.org/0009-0002-6290-6628>

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

[lira.filho@escolar.ifrn.edu.br](mailto:lira.filho@escolar.ifrn.edu.br)

**Marcondes Mendes de Souza**

<https://orcid.org/0009-0009-4013-9641>

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

[marcondes.mendes@ifrn.edu.br](mailto:marcondes.mendes@ifrn.edu.br)

**Antônio Pedro de Sousa**

Universidade Federal de Campina Grande

[apedrogalo@yahoo.com.br](mailto:apedrogalo@yahoo.com.br)

**Jefferson Bento Gomes Pinheiro**

<https://orcid.org/0009-0009-9697-8284>

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

[jefferson.pinheiro@escolar.ifrn.edu.br](mailto:jefferson.pinheiro@escolar.ifrn.edu.br)

**Julia Alves Barbosa**

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

[alves.julia@escolar.ifrn.edu.br](mailto:alves.julia@escolar.ifrn.edu.br)

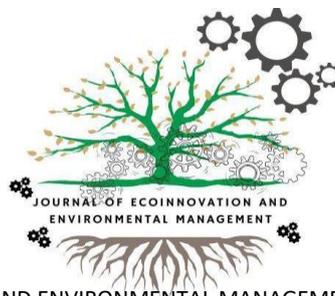
**Isadora Maria Cruz Eneas**

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

[isadora.cruz@escolar.ifrn.edu.br](mailto:isadora.cruz@escolar.ifrn.edu.br)

### **RESUMO**

O estudo utilizou técnicas de Geoprocessamento para analisar o avanço das pilhas de resíduos do caulim, proveniente da empresa de mineração Santa Lourdes localizado no município de Equador-RN, no período entre 2011 e 2024. O estudo revelou um aumento expressivo de 210,62% na área ocupada, que passou de 2.927,49 m<sup>2</sup> para 6.157,58 m<sup>2</sup>. Dessa forma, por meio de imagens de satélite, ferramentas SIG como o QGIS e métodos de interpretação visual, foram mapeadas e quantificadas essas alterações e,



consequentemente, avaliar os impactos ambientais. Por tanto, os resultados demonstram uma tendência preocupante de crescimento acelerado das pilhas de resíduos, o que reforça a necessidade de medidas para reaproveitamento desses materiais e mitigação de danos, visando um desenvolvimento sustentável. Assim, este trabalho destaca a relevância do geoprocessamento para subsidiar a tomada de decisões ambientais, contribuindo para a preservação dos recursos naturais e a redução dos riscos à saúde humana e ao ecossistema local.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade, mineração, geoprocessamento, caulim, QGIS

### ABSTRACT

The study used geoprocessing techniques to analyze the progress of kaolin waste piles from the Santa Lourdes mining company located in the municipality of Equador-RN, between 2011 and 2024. The study revealed a significant increase of 210.62% in the area occupied, from 2,927.49 m<sup>2</sup> to 6,157.58 m<sup>2</sup>. Thus, using satellite images, GIS tools such as QGIS and visual interpretation methods, these changes were mapped and quantified and, consequently, the environmental impacts were assessed. The results show a worrying trend of accelerated growth in waste piles, which reinforces the need for measures to reuse these materials and mitigate the damage, with a view to sustainable development. Thus, this work highlights the relevance of geoprocessing to support environmental decision-making, contributing to the preservation of natural resources and the reduction of risks to human health and the local ecosystem.

**Keywords:** Keywords: Sustainability, mining, geoprocessing, kaolin, QGIS

---

### INTRODUÇÃO

Certas atividades são essenciais para o desenvolvimento do homem, podendo destacar a mineração, que extrai do planeta diversos materiais que, comumente, utilizamos em nosso dia a dia, sendo usadas em diversas áreas como da construção civil, indústria de transformação, odontologia, farmácia, agricultura, entre muitos outros campos. Essa extração acaba deixando grandes marcas no meio ambiente quando feitas de maneira inadequada e sem o tratamento apropriado para a recuperação ambiental. Nesse sentido, o trabalho com rochas ornamentais, liberam grandes quantidades de resíduos, os quais são descartados de forma inadequada causando danos para a natureza. Nessa esfera, é necessário a utilização desses Resíduos com o intuito de criar uma nova alternativa para esses restos, e diminuir os impactos desse descarte feito de maneira inapropriada, contribuindo para um desenvolvimento sustentável.

Segundo Barbosa et al (2023), o caulim é constituído predominantemente pela caulinita, um silicato de alumínio hidratado. O caulim é também um dos materiais mais utilizados na indústria, isso ocorre devido as suas propriedades físicas e químicas como a fina granulometria, cor esbranquiçada, boa estabilidade química, baixo teor de ferro e pouca abrasão. Segundo Silva (2001), o caulim é usado na fabricação de materiais refratários, plásticos, borrachas, tintas, adesivos, cimentos, inseticidas,



pesticidas, produtos alimentares e farmacêuticos, catalisadores, gesso, além de cargas e enchimentos para diversas finalidades.

Segundo Luz (2002) os caulins primários são resultantes da alteração de rochas *in situ*, devido principalmente, à circulação de fluidos quentes provenientes do interior da crosta, da ação de emanções vulcânicas ácidas ou da hidratação de um silicato anidro de alumínio, seguida da remoção de álcalis.

Os caulins da região de Equador – RN são classificados do tipo intemperizado, que ocorrem em região de clima tropical (quente e úmido), onde as condições físico-químicas são propícias para a alteração dos feldspatos e de outros alumino-silicatos presentes em granitos e rochas metamórficas. O processo de caulinização de uma rocha ocorre devido à hidratação de um silicato anidro de alumínio, seguida de remoção de álcalis.

Diante desse contexto, o Geoprocessamento tem como um dos seus principais objetivos o mapeamento de áreas e a análise de seu crescimento ou transformação ao longo do tempo. Por meio da integração de dados espaciais e tecnológicos, ele permite monitorar mudanças ambientais, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a gestão eficiente de recursos naturais.

Segundo Bentemuller (2019), as técnicas vinculadas as ferramentas de Geoprocessamento têm auxiliado na análise de estudos cada vez mais complexos no tocante ao contexto geoambiental de maneira integrada e precisa. De tal modo que, a popularização dessas técnicas possibilita a difusão desses conhecimentos ao passo que possibilita a formulação de uma síntese da realidade, principalmente no tocante às formas de uso e ocupação, as quais expõem a dinâmica existente entre a sociedade e a natureza.

*Figura 1: Pilha de caulim tomada como base na pesquisa.*



*Fonte: Filho (2024).*

*Figura 1: Pilha de caulim tomada como base na pesquisa*



*Fonte: Filho (2024).*



Diante disso, este trabalho tem como objetivo analisar as alterações ocasionadas pelo avanço da extração de caulim em Equador em caráter multitemporal (2011-2024) no intuito de quantificar a área perdida e realizar uma breve análise da degradação. As informações aqui geradas, poderão prever impactos gerados à população por essa problemática, subsidiando tomadas de decisões que possibilitem o retardo.

### **MATERIAL E MÉTODOS**

Iniciou-se pela captura de imagens de alta resolução espacial no Google Earth, com datas de passagem em 13/10/2009 e 24/07/2024, que posteriormente, foram classificadas através da técnica de interpretação visual descrita por Novo (2008). O software SIG empregado foi o QGIS. A etapa de pré-processamento consistiu na aplicação da ferramenta Georeferencing, visto que as imagens do Google Earth não apresentam referência espacial.

Foram criados pontos a partir de coleta de coordenadas em campo e eles foram vetorizados, a fim de servirem como referência espacial para os dados de sensoriamento remoto. Os pontos de controle presentes nas imagens foram associados aos vetores e, logo em seguida, retificados, gerando dados convertidos e registrados no sistema de coordenadas Universal Transverse Mercator (UTM), SIRGAS 2000, fuso 24S. “A análise virtual pode ser entendida como o ato de examinar uma imagem, a fim de identificar objetos e classifica-los de acordo com seus elementos, como tonalidade/cor, textura, padrão, localização, forma, sombra e tamanho” (Novo, 2008).

Tanto na análise de fotografias, como utilizando imagens de satélite, ao monitor ou em material impresso, o termo utilizado para esta análise visual é fotointerpretação. O volume e a qualidade destas informações são função direta da experiência e conhecimento do fotointérprete. Durante o processo de interpretação, a diferenciação dos objetos e a extração das informações foram realizadas baseados no método de interpretação visual descrito por Novo (2008) e, em seguida, vetorizados. Gupta (1991) define a fotointerpretação como a arte e a ciência de examinar fotografias (e imagens) para identificar os objetos nelas retratados e seus significados.

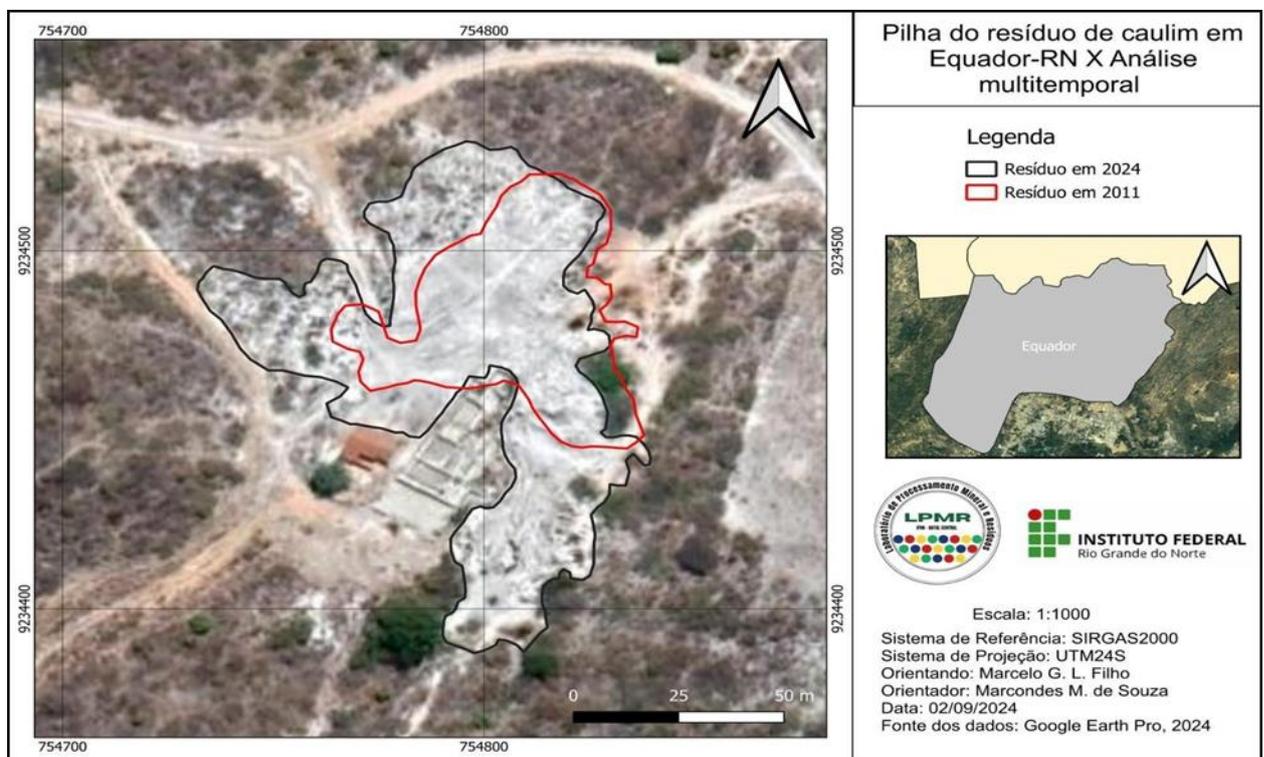
Lillesand et al. (2004) explicam que imagens fotográficas e de satélite possuem um registro detalhado das feições ao solo no momento da aquisição dos dados. Normalmente, o fotointérprete pode contar com apoio de outros materiais, como mapas ou relatórios de campo. A interpretação pode ser feita em diversos níveis de complexidade, desde o reconhecimento de objetos na superfície até interações entre tipo de cobertura e o subsolo. Os autores continuam afirmando que, além da experiência e conhecimento adquiridos, o fotointérprete deve possuir paciência, além de que é importante que conheça a natureza do fenômeno, ou a região que está descrevendo com base nas imagens que estão

interpretando. Após a fotointerpretação das imagens e a geração dessas camadas, foi realizado o quantitativo das classes em ha e em metros quadrados e a porcentagem de crescimento ao longo de 13 anos. Efetuou-se o cálculo das áreas por meio da ferramenta disponibilizada pelo software.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização da técnica de classificação visual, junto as ferramentas de geoprocessamento, resultaram em produções cartográficas que permitem uma análise do crescimento das pilhas ao longo de 13 anos (2011 a 2024), conforme apresentado no mapa abaixo (Figura 3).

**Figura 2:** Pilha do resíduo de caulim em Equador-RN, mapa feito para uma análise multitemporal.



*Fonte: Filho (2024).*

De acordo com as análises dos mapas desenvolvidos com o auxílio das ferramentas de SIG, apresentado na Figura 3 e com os dados presentes na tabela abaixo (Tabela 1). Assim, observou-se uma tendência preocupante de degradação das áreas de pilha de resíduo de Equador, refletindo os impactos significativos das atividades humanas sobre esses ecossistemas.



*Tabela 1: Dados do crescimento da pilha em 2011 e 2024.*

<b>Unidades</b>	<b>Pilha em 2011</b>	<b>Pilha em 2024</b>
<b>Metros quadrados</b>	2.927,490	6.157,580
<b>Hectares</b>	0,292	0,615
<b>Porcentagem</b>	100,00%	210,62%

*Fonte: Filho (2024).*

Para o cálculo das porcentagens, foi utilizado uma regra de três básica, considerando que a pilha em 2011 é 100%, considerando o começo da extração, que não havia resíduo, sendo 0%, tendo como base o ano de 2011. Por isso, em 2011 é dado como 100%, já no ano de 2024, houve um crescimento de 210,62%, a pilha cresceu quase o dobro em relação a 2011.

Dessa forma, dentre os entes envolvidos, podemos afirmar que o governo é responsável por estabelecer políticas e regulamentações, o empreendedor é encarregado pela recuperação das áreas afetadas e, os órgãos ambientais são responsáveis pela fiscalização e aprovação dos planos de recuperação.

Nesse sentido, dentro da legislação Lei nº 6.938/1981, há o princípio do poluidor pagador, sendo um princípio jurídico e econômico, estabelece que aqueles que poluem o meio ambiente devem arcar com os custos da poluição e da recuperação ambiental. De acordo com isso, a responsabilidade do poluidor é reparar os danos causados ao meio ambiente. Sendo responsável também por pagar pelos custos de recuperação, mitigação e compensação dos danos ambientais.

Dessa maneira, esse princípio também visa prevenir a poluição, incentivando práticas mais sustentáveis. Isso Incentiva práticas sustentáveis, reduz a poluição, protege o meio ambiente e promove maior justiça ambiental.

### **CONCLUSÃO**

Portanto, como visto na pesquisa, o geoprocessamento auxilia o estudo do crescimento de pilhas de resíduos, no caso da pesquisa, da pilha de caulim nos anos de 2011 e 2024. Essa ferramenta abre possibilidades de realizações de estudos com diversos outros resíduos de locais diferentes. Buscando assim, a mitigação dos danos causados à natureza e, conseqüentemente ao homem, pois esses materiais podem contaminar alguns dos recursos essenciais para a vida humana, como a água e o ar.



O resíduo de caulim vem crescendo cada vez mais, isso é um resultado preocupante, já que a tendência ao longo do tempo é só aumentar as pilhas, por isso é necessárias medidas para utilizar esse material e evitar esse descarte inadequado. Com o avanço da tecnologia, a tendência é aumentar a extração mineral cada vez mais, conseqüentemente, aumentando a pilha.

### REFERÊNCIAS

BARBOSA, J. A. et al. UTILIZAÇÃO DE ANÁLISES TÉRMICAS DO REJEITO DE CAULIM PARA REVESTIMENTO CERÂMICO.

BENTEMULLER, L. A.; GOMES, A. C. A. G. A. A importância do geoprocessamento para análise do uso e ocupação da área de proteção ambiental (APA) de Sabiaguaba em Fortaleza-CE. Cadernos de Ensino, Ciências & Tecnologia, v. 1, n. 2, p. 150-167, 2019.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição (da) República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, 1988. Disponível em: Acesso em 16 nov. 2024.

BRASIL. Lei nº 12.334, DE 20 DE SETEMBRO DE 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. Brasília-DF, 21 de setembro de 2010. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acessado em: nov. 2024

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. Disponível em: Acesso em out. 2024.

Decreto-Lei Nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del0227.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0227.htm)> Acesso em nov. 2024.

GUPTA, R. P. Remote Sensing Geology. Berlin: Springer, 1991. 356 p.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. Remote Sensing and Image Interpretation. 5. ed. New York: John Wiley e Sons Inc, 2004. 763 p.



JOURNAL OF ECOINNOVATION AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT - online (2965-9515)

Novo, E. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São Paulo: Edgar Blücher, 1992. 308 p.   . Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. 3ª Ed. Ltda, 3ª Edição, São Paulo: Edgard Blucher, 2008.

Rochas & Minerais Industriais/Ed. Adão Benvindo da Luz e Fernando Antonio Freitas Lins. 2.Ed. - Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008.

SILVA, Sebastião Pereira. 1. CAULIM. 2001.