



NETLOG 2021

International Conference on Network
Enterprises & Logistics Management

Estimativa de desenvolvimento regional em áreas de mineração de gemas

Brandão L. de A. M.; *Nääs. I. de A., e**Costa Neto, P. L. de O.

Universidade Paulista, São Paulo, Brasil

lilanebrandao@gmail.com, *irenilza@gmail.com, **pedroluiz@plocn.com

Resumo

A atividade de extração de gemas pode ser impulsionada se forem adotadas políticas públicas com o objetivo de ampliar a cadeia produtiva no Estado. Na teoria, a atividade poderia ser melhorada através de um aumento na arrecadação financeira pela extração mineral em consonância com as características da economia local. O presente estudo utiliza-se do processo de data mining para estabelecer um modelo de classificação do desenvolvimento regional de estados detentores dessa atividade, considerando como atributos de mensuração a compensação financeira pela extração mineral (CFEM), que é uma contraprestação pelo benefício de exploração do bem público, o PIB, o IDH e o geoturismo desses estados nos últimos dez anos. Os resultados indicam que o desenvolvimento regional não está diretamente relacionado com a arrecadação da compensação financeira pela extração mineral, portanto o aumento da arrecadação não implicaria em benefício direto para a comunidade local. Seriam necessárias outras iniciativas para que o recurso recebido se transforme em melhorias para a população regional.

Palavras chaves. *IDH, PIB, impacto ambiental, atividade de mineração, mineração de dados.*

Resumen

La actividad de extracción de gemas se puede impulsar si se adoptan políticas públicas con el objetivo de ampliar la cadena productiva en el Estado. En teoría, la actividad podría mejorarse mediante un aumento de la recaudación financiera a través de la extracción de minerales en línea con las características de la economía local. El presente estudio utiliza el proceso de minería de datos para establecer un modelo de clasificación del desarrollo regional de los estados que tienen esta actividad, considerando como atributos de medición la compensación financiera por extracción de minerales (CFEM), la cual es una consideración en beneficio de la explotación del público. bien, PIB, IDH y geoturismo de estos estados en los últimos diez años. Los resultados indican que el desarrollo regional no está directamente relacionado con el cobro de compensaciones económicas por la extracción de minerales, por lo que el aumento en la recaudación no implicaría un beneficio directo para la comunidad local. Serían necesarias más iniciativas para que el recurso recibido se convierta en mejoras para la población regional.

Contraseñas. *IDH, PIB, impacto ambiental, actividad minera, minería de datos.*

Abstract

The activity of extracting gems can be improved if public policies are adopted to expand the production chain in the State. In theory, the activity could be improved through an increase in the financial collection of the taxes through mineral extraction in line with the characteristics of the local economy. The present study uses the data mining process to estimate a model for classifying the regional development of states with this activity, considering the financial compensation for mineral extraction (CFEM), which is a consideration for the benefit of the exploitation of the public good, GDP, HDI, and geo-tourism as measurement attributes of the production states in the past ten years. The results indicate that regional development is not directly related to the collection of financial compensation for mineral extraction. Therefore, the increase in the taxes would not imply a direct benefit for the local community. Further initiatives would be necessary for the resource received to become improvements for the regional population.

Keywords. *HDI, PIB, environmental impact, mining activity, data mining.*

1 Introdução

A atividade mineradora é responsável por diversos problemas provocados no meio ambiente e na sociedade, quando se leva em consideração a saúde e o bem-estar dos trabalhadores. Sendo assim, objetiva-se analisar alguns indicadores sociais e ambientais de regiões de extração de gemas que servem como atributos para se propor um modelo de desenvolvimento regional relacionado com a compensação financeira pela extração mineral (CFEM) arrecadada nos últimos dez anos.

O intuito é observar se existe relação entre os impactos positivos e negativos da mineração com o desenvolvimento regional e buscar estabelecer uma classificação para esse desenvolvimento. Pretende-se com isso fornecer ao leitor uma visão da relação entre o desenvolvimento regional, e a arrecadação da compensação financeira pela exploração de gemas, considerando o PIB, o IDH, o geoturismo e os impactos ambientais causados pela extração mineral.

A questão da compensação financeira pela exploração das gemas no cenário da extração mineral em relação ao desenvolvimento regional, não é clara na literatura corrente. O presente trabalho procurou classificar o desenvolvimento regional em alto, médio e baixo a partir de dados contínuos (IDH, PIB, CFEM) e dados qualitativos (geoturismo, impacto ambiental), utilizando mineração de dados.

Com o desenvolvimento de computadores e automação, o armazenamento e a recuperação de grandes volumes de dados foram incrementados. Como resultado, técnicas de aprendizado de máquina, entre elas a mineração de dados (data mining), tornaram-se uma ferramenta útil para identificar e explorar padrões e relacionamentos entre um número considerável de variáveis (Diez et al., 2006; Pereira et al., 2013). As aplicações de mineração de dados já foram confirmadas para fornecer benefícios a várias áreas do conhecimento, incluindo diagnóstico e prognóstico em saúde (Carvalho et al. 2012; Zhuang et al., 2018).

Considerando a carência de estudos focados na gestão da arrecadação da compensação financeira de exploração mineral como forma de promover o desenvolvimento regional nas vertentes sociais, ambientais e econômicas, este trabalho teve como objetivo estimar o desenvolvimento regional baseado em variáveis quantitativas e qualitativas vinculadas à exploração de alguns minérios utilizando o processo de data mining.

2 Referencial Teórico

O desenvolvimento sustentável na mineração deve promover uma melhoria ambiental e socioeconômica contínua nas fases de exploração, operação e fechamento das minas (Gomes et al., 2014).

De modo geral, um desenvolvimento sustentável baseia-se no equilíbrio dos três eixos fundamentais: crescimento econômico, preservação ambiental e equidade social (Dias, 2017). Alguns aspectos serão mais relevantes do que outros para determinados segmentos. Assim, novas abordagens de desenvolvimento para o envolvimento e a sustentabilidade da comunidade precisam reconhecer a natureza complexa dos sistemas sociais nos quais o setor se insere. Essas abordagens são relevantes ao segmento da mineração.

A mineração enfrenta desafios quando se trata de desenvolvimento sustentável pelas características próprias da atividade, associada a diversos impactos socioambientais que devem ser gerenciados para que o setor se desenvolva de forma sustentável. No entanto essa atividade desempenha um papel fundamental para sociedade fornecendo matéria prima para outras indústrias, impactando positivamente no bem-estar da população e economicamente no funcionamento da economia global (Alves et al, 2020; Gomes et al, 2014).

A mineração contribui para o desenvolvimento das regiões, o crescimento econômico e a redução da pobreza a nível local e regional. Se faz presente em três setores da econômica brasileira, no primário com a pesquisa mineral e extração, no secundário com o beneficiamento e no terciário com o mercado e o comércio (Alves et. al, 2020).

A exploração e o beneficiamento de recursos naturais não renováveis trazem a cidade à existência e podem exercer influência no crescimento econômico. O esgotamento desses recursos é previsível e acarreta o encolhimento do desenvolvimento. Numa visão evolutiva as regiões mineradoras podem ser classificadas como cidades mineradoras em expansão e cidades mineradoras em declínio (Jiao et al, 2020).

A atividade de extração de recursos minerais pode proporcionar um impulso à arrecadação do município minerador, permitindo que seja prestado um serviço público de qualidade a população e fomentando uma fonte de financiamento para o desenvolvimento local com a arrecadação da compensação financeira pela exploração de recursos minerais (CFEM). A Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) é um direito o qual a união, os estados, o distrito federal e os municípios têm sobre os resultados da exploração dos recursos minerais em seu território (Brasil, 1988).

Compete a Agência Nacional de Mineração (ANM), autarquia vinculada ao Ministério de Minas e Energia, baixar normas e exercer a fiscalização sobre a arrecadação da CFEM, sendo destinadas a repartição da receita da seguinte forma: 60% para o Distrito Federal e os municípios produtores, 15% para o Distrito Federal e os estados produtores, 10% para a união e 15% para o Distrito Federal e os municípios, quando afetados pela atividade de mineração e a produção não ocorrer em seus territórios, conforme regulamentada pela lei n. 13.540 de 18 de dezembro de 2017 que dispõe sobre a formalização do recolhimento da CFEM (Brasil, 2017).

As alíquotas aplicadas sobre a arrecadação da compensação financeira pela exploração mineral CFEM são pagas mensalmente e variam de acordo com a substância mineral da seguinte forma: 1% para rochas, areias, cascalhos, saibros e demais substâncias destinadas à construção civil, rochas ornamentais, águas minerais e termais; 1,5% para o ouro; 2% para diamante e demais substâncias minerais; 3,5% para o ferro, podendo este sofrer redução de alíquota em virtude do seu baixo teor. Observado o limite de 4%, incidirão: na venda, no consumo, nas exportações, no bem mineral adquirido em haste pública e na extração sob o regime de permissão de lavra garimpeira (Brasil, 2017).

As alíquotas da CFEM incidem sobre o valor do faturamento líquido, deduzindo-se os tributos e as despesas que incidem no ato da comercialização, quando ocorrer a venda do produto mineral. E ainda quando o produto foi consumido, transformado ou utilizado pelo próprio minerador, o valor da CFEM é baseado na soma das despesas diretas e indiretas ocorridas até o momento da utilização do produto mineral (ANM, 2004).

Ainda, com base na lei 13.540, destaca-se que os rejeitos e estéreis decorrentes da exploração de áreas minerárias, que possibilitem a lavra, serão considerados como bem mineral para fins de recolhimento da CFEM. E quando utilizados em outras cadeias produtivas, terão uma redução de alíquota da CFEM de 50% (cinquenta por cento).

3 Materiais e métodos

A metodologia aplicada nesse estudo faz uma análise da compensação financeira pela exploração mineral (CFEM) levando em consideração os seguintes estados da federação: Piauí, Paraíba, Rio Grande do Sul e Minas Gerais e a exploração mineral da Opala, da Turmalina, da Ametista e da Esmeralda respectivamente (Figura1). Com o intuito de estimar o desenvolvimento regional, foram

elaboradas tabelas com a finalidade de contribuir com o entendimento das variáveis quantitativas discretas e contínuas, bem como das variáveis qualitativas. Estas variáveis foram necessárias para a construção da tabela final que serviu como entrada de dados no processo de sua mineração.

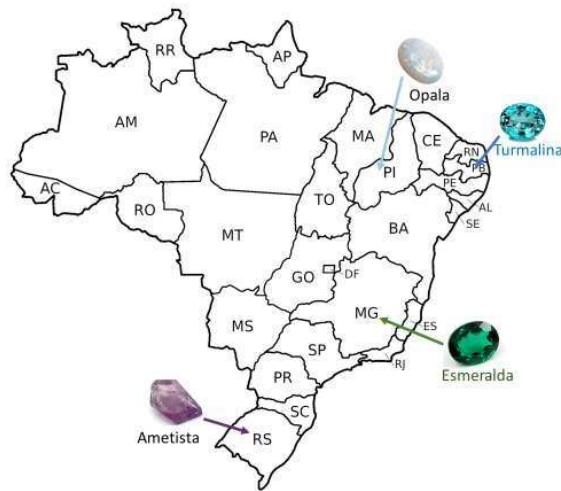


Figura 1. Mapa do Brasil com a indicação das gemas e locais de exploração estudados

3.1. Descrição das variáveis utilizadas para a elaboração das tabelas

A exploração mineral de gemas corresponde a uma atividade econômica e industrial que consiste na pesquisa, exploração, extração e beneficiamento de minérios presentes no subsolo, atividade indispensável ao desenvolvimento socioeconômico da região onde se realiza. Contudo, a atividade mineradora é responsável por diversos problemas provocados no meio ambiente e na sociedade, quando se leva em consideração a saúde e o bem-estar dos trabalhadores (Serrano et. al, 2016).

Como contrapartida da exploração de recursos naturais, as empresas mineradoras devolvem para união a compensação pela exploração mineral - CFEM que deve necessariamente estar comprometida com projetos de melhoria à saúde, à educação, à cultura e a infraestrutura do Município detentor da atividade mineradora. Na dimensão ambiental foram avaliadas a erosão, a escavação e a remoção de rejeitos. Como resultado dessa avaliação, foi classificado o impacto ambiental como baixo, médio e alto, conforme Tabela 1.

Tabela 1- Classificação utilizada para avaliação do impacto ambiental

Classificação	Descrição
BAIXO	Baixa remoção de cobertura vegetal, erosão, tratamento de rejeitos, baixa contaminação da água, pouca escavação superficial
MÉDIO	Médio impacto ambiental, uso baixo de tratamento de rejeitos e média escavação superficial
ALTO	Alta remoção de cobertura vegetal, alto impacto ambiental, alta poluição de rios e alta escavação.

FONTE: Elaborado pelos autores

Na dimensão social, foram considerados os indicadores presentes na Tabela 2, sendo o geoturismo classificado com o Sim (S) se o estado incentiva o geoturismo e Não (N) se o estado não incentiva o geoturismo.

Tabela 2- Estimativa utilizada para avaliação do impacto social

Ano	Uf	Geoturismo	IDH	PIB 10 ⁻⁴ Reais	Ano	Uf	Geoturismo	IDH	PIB 10 ⁻⁴ Reais
2010	PI	S	0,646	2227	2010	RS	S	0,746	24125
2011	PI	S	0,644	2594	2011	RS	S	0,752	26506
2012	PI	S	0,664	2864	2012	RS	S	0,757	28759
2013	PI	S	0,671	3128	2013	RS	S	0,763	33229
2014	PI	S	0,678	3772	2014	RS	S	0,779	35782
2015	PI	S		3915	2015	RS	S		38199
2016	PI	S	0,69	4142	2016	RS	S	0,783	40879
2017	PI	S	0,697	4536	2017	RS	S	0,787	42315
2018	PI	S		4536	2018	RS	S		42315
2019	PI	S		4536	2019	RS	S		42315
2010	PB	N	0,658	3352	2010	MG	S	0,731	35112
2011	PB	N	0,681	3711	2011	MG	S	0,745	40012
2012	PB	N	0,682	4249	2012	MG	S	0,754	44228
2013	PB	N	0,692	4638	2013	MG	S	0,762	48800
2014	PB	N	0,701	5294	2014	MG	S	0,769	51663
2015	PB	N		5614	2015	MG	S		51933
2016	PB	N	0,709	5910	2016	MG	S	0,781	54481
2017	PB	N	0,722	6239	2017	MG	S	0,787	57620
2018	PB	N		6239	2018	MG	S		57620
2019	PB	N		6239	2019	MG	S		57620

FONTE: Adaptado de PNUD/ IPEA /FJP (2017); Liccardo e Chodur (2009), Carvalho (2015).

Na dimensão econômica, foi avaliado o percentual da compensação financeira pela exploração mineral das gemas relacionadas com os demais minérios explorados em cada estado, conforme Tabela 3.

Tabela 3- Estimativa utilizada para avaliação do impacto econômico

Ano	CFEM Opala (%)	CFEM- Turmalina (%)	CFEM- Ametista (%)	CFEM-Esmeralda (%)
2010	0,0505	0,00	0,026	0,002
2011	0,045	0,00	0,029	0,002
2012	0,015	0,00	0,060	0,002
2013	0,010	0,00	0,006	0,002
2014	0,000	0,00	0,010	0,003
2015	0,005	0,00	0,046	0,006
2016	0,003	0,00	1,284	0,008
2017	0,000	0,00	0,513	0,005
2018	0,038	0,003	3,542	0,034
2019	0,327	0,00	3,714	0,022

FONTE: Adaptado de DNPM/ANM (2020)

3.2. Mineração dos dados (Data mining)

O conjunto de dados construído utilizando as variáveis consideradas foi usado para desenvolver uma árvore (elaborada com o conceito de ‘se’, ‘então’) aplicando o Rapidminer® Studio, um software de código-fonte aberto baseado em Java versão 9.2 (RapidMiner, Inc. Boston, Massachusetts. EUA). Foi inserido o banco de dados considerando as variáveis contínuas e discretas com vista a obter o grau de desenvolvimento regional. Foi utilizada a função de classificação como input do software. A classificação é uma função de mineração de dados que atribui itens em uma coleção a categorias ou classes (variáveis). O objetivo da classificação é prever com precisão a classe de destino para cada caso nos dados e, neste caso, foram utilizados os dados da Tabela 2 como atributos e a função de

saída (target) foi o ‘desenvolvimento regional’, com as alternativas de ‘baixo’, ‘médio’ e ‘alto’. Os operadores usados foram ‘retrieved data,’ ‘split data,’ and ‘decision tree.’

No presente estudo, foram usados 80% dos dados para treinar o algoritmo e 20% para desenvolver o modelo. O conjunto subsequente de itens no conjunto de treinamento é reconhecido pelos atributos que são classificados em relação a várias amostras em uma abordagem mais precisa (Lavrac, 1999). A precisão foi calculada usando a Equação 1.

$$\text{Acurácia (\%)} = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \times 100 \quad (1)$$

onde TP=verdadeiro positivo, TN=verdadeiro negativo, FP=falso positivo, FN=falso negativo.

O esquema do processo se encontra na Figura 2.

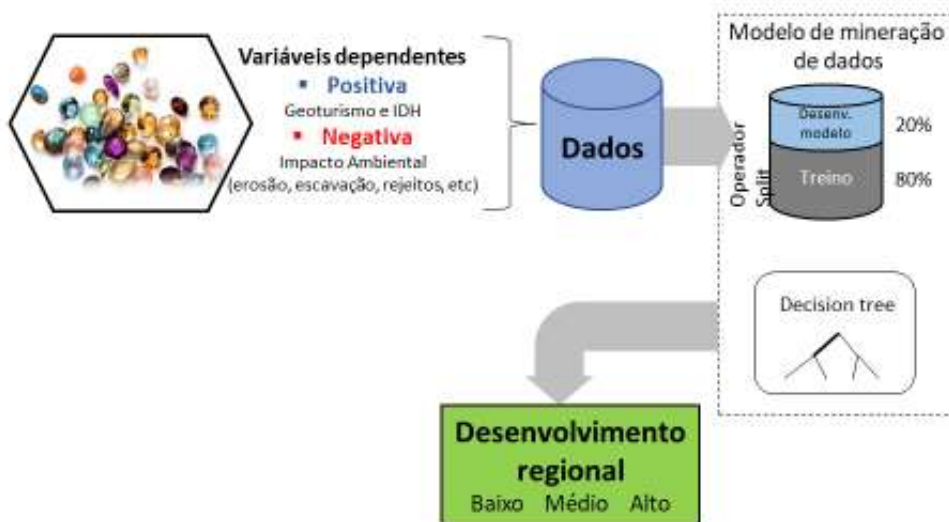


Figura 2. Visualização esquemática do processo de mineração de dados.

4 Resultados e Discussão

O processamento dos dados utilizados no método de data mining resultou no gráfico, em forma de árvore, apresentado na (Figura 3). Os valores de referência da CFEM foram $\times 10^4$.

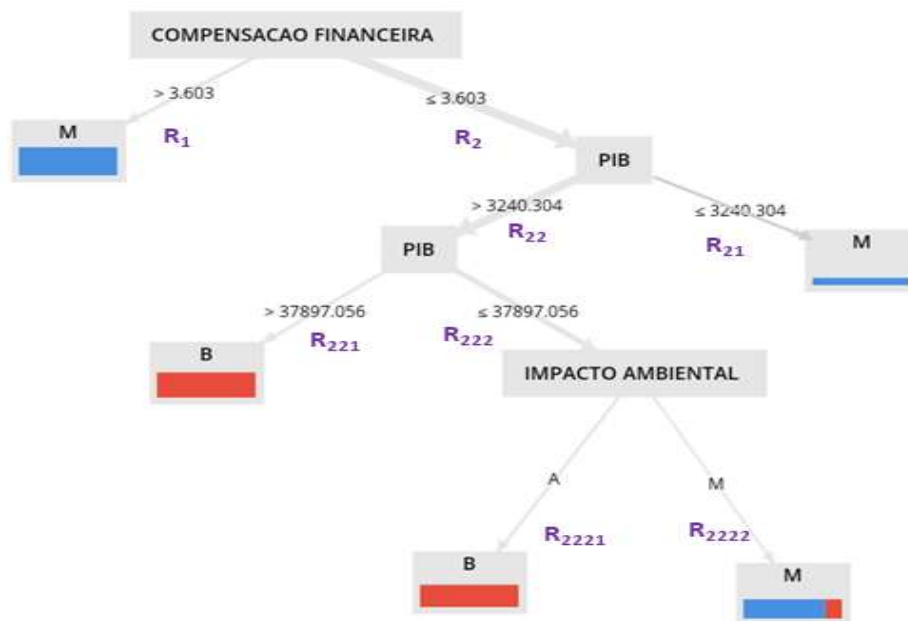


Figura 3. Árvore de decisão que prediz o desenvolvimento regional em função da compensação financeira pela exploração mineral.

Como exemplo de base de dados sobre a qual é possível descobrir padrões na forma de classificadores, pode-se considerar a Figura 3, que representa a árvore do desenvolvimento regional baseado na compensação financeira pela exploração de recursos minerais analisando as variáveis geoturismo, IDH, impacto ambiental e PIB dos estados relacionados na pesquisa. Desse conjunto de dado, é possível extrair a seguinte análise guiadas pelos ramos (Tabela 4): R₁, R₂, R₂₁, R₂₂, R₂₂₁, R₂₂₂, R₂₂₂₁ e R₂₂₂₂.

Tabela 4 – Descrição dos ramos da árvore de decisão encontrada aplicando data mining

Ramo	Representatividade dos dados (%)	Resultados
R ₁	28	Se a CFEM > 3.603 então o desenvolvimento regional pode ser classificado como médio (M).
R ₂	72	Se a CFEM ≤ 3.603 então para classificar o desenvolvimento regional deve-se analisar o PIB.
R ₂₁	6	Se PIB ≤ 3.240.304 então o desenvolvimento regional é classificado como médio (M).
R ₂₂	66	Se o PIB > 3.240.304 então deve-se analisar novamente o PIB.
R ₂₂₁	25	Se PIB > 3.789.056 então o desenvolvimento regional é baixo (B).
R ₂₂₂	41	Se o PIB ≤ 3.789.056 então deve-se analisar o impacto ambiental.
R ₂₂₂₁	22	Se o impacto ambiental for alto (A) então o desenvolvimento regional é classificado como baixo (B).
R ₂₂₂₂	19	Se o impacto ambiental for médio (M) então o desenvolvimento regional é classificado como médio (M).

Os resultados do presente estudo indicam que não foi evidente a relação direta entre a compensação financeira pela extração mineral e o desenvolvimento regional com um percentual de (72%) nas vertentes social ou ambiental. Com relação ao desenvolvimento regional e ao impacto ambiental percebe-se que com um percentual de (22%) que existe uma relação inversa entre eles observada no ramo R₂₂₂₁ da árvore de decisão. Já entre o desenvolvimento regional e o PIB podemos observar que não existe essa correlação necessitando avaliar o impacto ambiental para classificar o desenvolvimento regional.

Estes resultados corroboram os resultados de Silva et al. (2017), que mostram que a maior arrecadação dos royalties, sejam do petróleo ou mineração, não tem como consequência direta maior desenvolvimento social ou ambiental. Ainda, o estudo de Enriquez (2007) também indica que não há correlação direta entre a existência de atividade de mineração no estado e alterações na condição de pobreza e concentração de renda, resultados similares aos encontrados na presente pesquisa.

5 Conclusão

Através de uma análise de dados utilizando o data mining, buscou-se apresentar um modelo para estimar o desenvolvimento regional de alguns estados detentores da extração de gemas considerando variáveis discretas e contínuas. Como decorrência dessa análise, pode-se mostrar que o desenvolvimento regional não está diretamente relacionado à compensação financeira pela exploração mineral.

No entanto acredita-se que o estudo poderá considerar outras variáveis como indicadores, que de alguma forma possam representar melhor as condições de trabalho e a mitigação dos impactos ambientais, embora não sejam de simples mensuração.

Por fim, no caso dos estados envolvidos parece necessário rediscutir a compensação financeira pela exploração mineral e o procedimento de licenciamento de atividades minerais, buscando melhor se apropriar da integração entre desenvolvimento regional e atividade de mineração.

Referências

- Agência Nacional do Petróleo – ANP [online]. Brasília: ANP; (2015). Recuperado em 03.03.2020, de https://sistemas.dnpm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/arrecadacao_cfem.aspx .
- Alves W., Ferreira P., Araújo M., (2020) Challenges and pathways for Brazilian mining sustainability. Resources Policy. Elsevier.
- Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF (1988). Recuperado em 03.03.2020 de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm.
- Brasil. Lei nº 13.540 de 18 de dezembro de Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF (2017) Recuperado em 03.03.2020 de http://www.anm.gov.br/consultas-publicas-1/lei-no13540_2017/view .
- Carvalho, C.A. (2015), O papel do APL da Opala de Pedro II, Piauí, na estruturação do turismo mineral do município, São Paulo.
- Carvalho, Deborah Ribeiro, Moser, Auristela Duarte, Silva, Verônica Andrade da e Dallagassa, Marcelo Rosano. (2012). Mineração de dados aplicada à fisioterapia. Fisioterapia em Movimento, 25 (3), 595-605.
- Dias, R. (2017) Gestão Ambiental :Responsabilidade Social e Sustentabilidade – 3ed São Paulo.
- Díez, J., Albertí, P., Ripoll, G., Lahoz, F., Fernández, I., Olleta, J.L., Panea, B., Sañudo, C., Bahamonde, A., Goyache, F., (2006). Using machine learning procedures to ascertain the influence of beef carcass profiles on carcass conformation scores. Meat Sci. 73: 09-115.

Enriquez, M. A. R. da S. (2007). Maldição ou dádiva? os dilemas do desenvolvimento sustentável a partir de uma base mineira. 449 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) Universidade de Brasília, Brasília.

Gomes, C. M., Kneipp, J. M., Kruglianskas, I., da Rosa, L. A. B., Bichueti, R. S., (2014). Management for sustainability in companies of the mining sector: an analysis of the main factors related with the business performance. *Journal of Cleaner Production*.

Jiao, W., Zhang, X., Li, C., Guo J., (2020). Sustainable transition of mining cities in China: Literature review and policy analysis. *Resource Policy*. ScienceDirect.

Lavrac, N (1999) Aprendizado de máquina para mineração de dados em medicina. *Notas da Conferência em Ciência da Computação*, v.1620, p.47-62.

Pereira, D. F., Miyamoto, B. C. B., Maia, G. D.N., Sales, T., Magalhães, M. M., Richard S. Gates, R. S., (2013). Machine vision to identify broiler breeder behavior. *Comput. Electron. Agr.* 99, 194-199.

Serrano, a. m.; Martínez bernal, m. s.; Monseca páez, l. a., (2016). Diagnosis and characterization of the illegal mining in the municipality of sogamoso, towards the construction of strategies for the replacement of the illegal mining. *Tendencias*, v. 17, n. 1, p. 104–119.

Silva da S, Jacovine, L.A.G, Silva M.L, Isbaex C, Rego. L, (2017) *Correlação das Variáveis Socioeconômicas e Ambientais com royalties Petrolífero e CFEM Municipais*, Scielo.

Zhuang, X., Bi, M., Guo, J., Wu, S., Zhang, T., (2018). Development of an early warning algorithm to detect sick broilers. *Comput. Electron. Agr.* 144: 102–113.