

A RELAÇÃO DA EXPANSÃO DA INFRAESTRUTURA DO SETOR ELÉTRICO SOBRE O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E HUMANO DA AMAZÔNIA

LEGAL

Robério de Almeida Silva¹

Rodrigo Gustavo de Souza²

Jadson Pessoa da Silva³

Palavras-chave: Amazônia Legal. Desenvolvimento Econômico. Energia elétrica. Infraestrutura Elétrica. Índice de Desenvolvimento Humano.

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica se tornou um bem indispensável no dia a dia das pessoas da sociedade. Pois, esse tipo de energia é utilizada tanto na vida cotidiana das famílias, como nas rotinas de empresas, sejam públicas ou privadas. Desse modo, esse bem de consumo se tornou fundamental nas sociedades modernas. Logo, as diversas fontes geradoras de energia que se transformam em energia elétrica são recursos indispensáveis para o desenvolvimento socioeconômico para muitas regiões e países (PEREIRA, SILVA NETO, 2021).

Nesse contexto, a Amazônia hoje é considerada a nova fronteira hidrelétrica do país. Devido a um grande número de empresas hidrelétricas instaladas, que geram energia a partir da abundância das águas da Bacia Amazônica (CASTILHO, 2019). Logo, o Brasil possui uma matriz elétrica altamente renovável. Onde a Amazônia Legal possui um desempenho e um papel fundamental na geração de energia renovável, que abriga quatro do total das cinco principais usinas hidrelétricas do país. Que são as hidrelétricas de Belo Monte no Pará, Tucuruí no Pará, Jirau em Rondônia e Santo Antônio, também em Rondônia (CLIMATE POLICY INITIATIVE, 2023). Assim, as hidrelétricas da Amazônia só perdem em geração elétrica para a usina de Itaipu Binacional, no estado do Paraná, que é a maior hidrelétrica do Brasil. Considerada líder mundial na produção de

¹ Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Socioeconômico (PPGDSE/UFMA). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9038-8779>

² Doutor em Economia pela UFRJ, Professor Adjunto do Departamento de Economia da Universidade Federal do Maranhão (DECON/UFMA) e do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Socioeconômico (PPGDSE/UFMA). Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3012-4955>

³ Doutor em Economia pela UFPA e Professor Adjunto do Departamento de Economia da Universidade Federal do Maranhão (DECON/UFMA). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0152-7141>

energia limpa e renovável, com geração de 2,9 milhões de GWh, desde o início de sua operação (ITAIPU BINACIONAL, 2023).

À vista disso, o processo de desenvolvimento e crescimento econômico de um país depende de diversos fatores. E um dos principais fatores advém de investimentos em infraestrutura. A infraestrutura energética é um dos agentes mais importantes no processo de aceleração do crescimento econômico. Pois no setor energético é evidente a relação positiva entre o consumo e o crescimento (PRESTES et all, 2019). Por isso, a energia ocupa uma posição de visibilidade nos debates, pela razão de ser um item fundamental para o progresso dos países. No entanto, a depender do tipo de fonte a ser explorada e utilizada, pode existir problemas ambientais em relação a emissão de poluentes. Dessa maneira, a energia está diretamente relacionada nas discussões de desenvolvimento sustentável. No qual condiciona o bem-estar do homem, a sua circunstância material e o ambiente natural em que habita no mundo (SOARES, CÂNDIDO, 2023).

Diante do exposto, o presente trabalho tem a pretensão de conhecer qual a importância da expansão da infraestrutura de energia elétrica na Amazônia Legal, que reflete no desenvolvimento econômico e humano na região amazônica. Além da relevância dessa região para a sustentabilidade energética no Brasil. Desse modo, a infraestrutura elétrica é uma condição necessária para o crescimento econômico, que promove a produção, o consumo e o desenvolvimento econômico. E os Índices de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) refletem o grau de desenvolvimento humano e da qualidade de vida das populações. Assim, considerando os fatores de vida longa, acesso ao conhecimento e o padrão de vida da população. Com base nessas proposições, faz-se a seguinte questão: Qual é a relação estatística de associação da expansão da infraestrutura de energia na Amazônia Legal para o desenvolvimento econômico da Amazônia Legal?

Dessa forma, o objetivo do trabalho é conhecer a relação estatística de associação entre os dados da infraestrutura de energia com o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) nos estados da região amazônica.

2. METODOLOGIA

A metodologia no presente trabalho foi realizada por meio de uma pesquisa documental, em que foram coletados os dados de energia do Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2022, da Empresa de Pesquisa Energética - EPE. No qual foram compilados os dados de capacidade instalada, geração de energia e consumo de energia

dos estados das regiões do Brasil e dos estados da Amazônia Legal. Os dados de energia que serão utilizados para a análise descritiva são apenas o do período de 2016 a 2021. Nos quais, serão verificados os dados de IDHM dos estados, que só possuem a sequência desse mesmo período.

Do mesmo modo, foram coletados os dados do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) dos estados brasileiros e extraídos os dados no portal Atlas Brasil, na aba do Ranking dos estados do Brasil. Essa busca se deu com a seleção apenas dos anos do período de 2016 a 2021. Assim, foram utilizados os dados do IDHM contidos no Ranking dos estados, filtrando os dados dos estados que compõem a Amazônia Legal. Pois, o que se pretende com esse estudo é obter o cenário de correlações existentes no período proposto de 2016 a 2021, entre o IDHM e os dados de energia do Brasil.

2.2 Método do Coeficiente de Correlação Produto-Momento de Pearson

O método estatístico utilizado na pesquisa para a alcançar os resultados foi o coeficiente de correlação produto-momento de Pearson. Esse método possui o nome formal de r , que é uma forma adequada para se obter a direção e a medição da força de uma correlação linear entre duas variáveis e se calcular o coeficiente de correlação. Para Larson e Farber (2015) a definição desse coeficiente é: “O coeficiente de correlação é uma medida da força e da direção de uma relação linear entre duas variáveis. O simbolo r representa o coeficiente de correlação amostral.” (LARSON; FARBER, 2015). Desse modo, a fórmula do r é representada por:

Fórmula do Coeficiente de Correlação de Pearson

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

Fonte: Elaboração própria, a partir do Larson e Farber (2015).

Onde:

n é o número de pares dos dados.

x e y são as variáveis de interesse

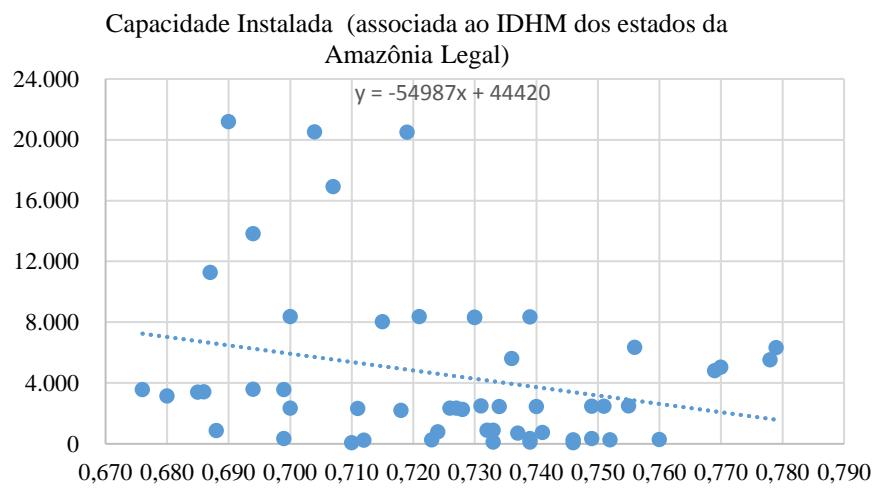
r é o coeficiente de correlação amostral, que varia -1 a +1

Para a interpretação do coeficiente de correlação de Pearson é preciso analisar a força e o sentido da associação. Para analisar a força da associação da relação de duas variáveis, quando obter o resultado do coeficiente de correlação, observa-se os parâmetros: a) de 0.9 a 1,0 positivo ou negativo é uma correlação muito forte; b) de 0.7 a

0.9 positivo ou negativo indica uma correlação forte; c) de 0.5 a 0.7 positivo ou negativo indica uma correlação moderada; d) de 0.3 a 0.5 positivo ou negativo indica uma correlação fraca; e) de 0 a 0.3 positivo ou negativo indica uma correlação muito fraca ou insignificante (VAZ; FARRET, 2020). Após a realização dos testes do Coeficiente de Pearson, na seção a seguir segue com as análises dos resultados obtidos.

- Teste de Correlação de Pearson da capacidade instalada associada ao IDHM dos estados da Amazônia Legal.

GRÁFICO 1 - GRÁFICO DE DISPERSÃO DA CAPACIDADE INSTALADA ASSOCIADA AO IDHM DOS ESTADOS DA AMAZÔNIA LEGAL.

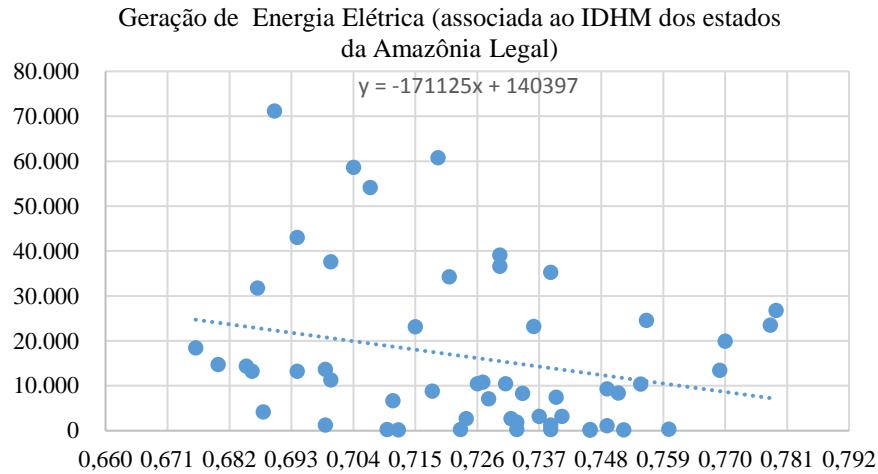


Fonte: Elaboração própria.

| | | |
|--|-------|------------------|
| Coeficiente de correlação | $r =$ | -0,26473 |
| Parâmetro a (inclinação da reta) | $a =$ | -54987 |
| Parâmetro b (intersecção da reta) | $b =$ | 44420,16 |
| Equação da reta (regressão linear simples) | $y =$ | $54987x + 44420$ |

- Teste de Correlação de Pearson da geração de energia associada ao IDHM dos estados da Amazônia Legal.

GRÁFICO 2 - GRÁFICO DE DISPERSÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA ASSOCIADA AO IDHM DOS ESTADOS DA AMAZÔNIA LEGAL.

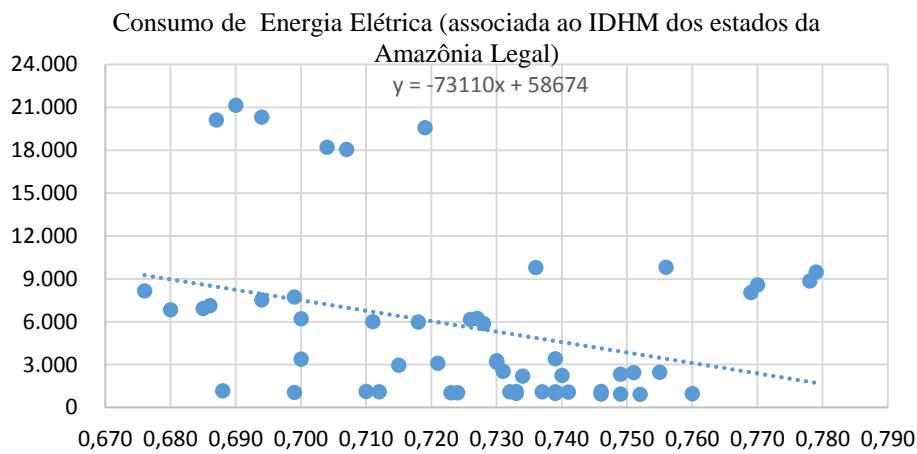


Fonte: Elaboração própria.

| | | |
|--|-------|---------------------|
| Coeficiente de correlação | $r =$ | -0,252445 |
| Parâmetro a (inclinação da reta) | $a =$ | -171124,9 |
| Parâmetro b (intersecção da reta) | $b =$ | 140397,41 |
| Equação da reta (regressão linear simples) | $y =$ | $-171125x + 140397$ |

- c) Teste de Correlação de Pearson do consumo de energia associado ao IDHM dos estados da Amazônia Legal.

GRÁFICO 3 - GRÁFICO DE DISPERSÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ASSOCIADO AO IDHM DOS ESTADOS DA AMAZÔNIA LEGAL.



Fonte: Elaboração própria.

| | | |
|--|-------|-------------------|
| Coeficiente de correlação | $r =$ | -0,32985 |
| Parâmetro a (inclinação da reta) | $a =$ | -73110,3 |
| Parâmetro b (intersecção da reta) | $b =$ | 58674,34 |
| Equação da reta (regressão linear simples) | $y =$ | $-73110x + 58674$ |

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA

3.1 Análise do Coeficiente Correlação Produto-Momento de Pearson

A análise de relação dos dados de infraestrutura de energia associados com o IDHM dos estados da Amazônia Legal, no período de 2016 a 2021, foi calculado no banco de dados no MS Excel. Assim, foram obtidos os resultados de correlação, conforme descritos no quadro 3.

QUADRO 1 - RESULTADOS DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON E
INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

| x | y | Coeficiente de Pearson (r) | Força da correlação | Sentido da correlação |
|------|-----------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|
| IDHM | Capacidade instalada | -0,26473 | Muito fraca | Correlação linear negativa |
| IDHM | Geração de energia elétrica | -0,252445 | Muito fraca | Correlação linear negativa |
| IDHM | Consumo de energia elétrica | -0,32985 | Fraca | Correlação linear negativa |

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se no quadro 3, o primeiro caso da análise dos resultados obtidos, a partir das variáveis de capacidade instalada associado ao IDHM dos estados da Amazônia Legal, no período proposto, o valor do coeficiente de Pearson foi de **-0,26473**, no sentido de **correlação linear negativa**. Nesse caso: Se $0 \leq |r| < 0,3$: a **correlação é muito fraca**, praticamente, nada pode-se concluir sobre a relação entre as variáveis. Pois a correlação que existe é insignificante.

Ao verificar o segundo caso da análise dos resultados obtidos, também no quadro 3, com as variáveis de geração de energia elétrica associado ao IDHM dos estados da Amazônia Legal, no período proposto, o valor do coeficiente de Pearson foi de **-0,252445**, no sentido de **correlação linear negativa**. Nesse caso: Se $0 \leq |r| < 0,3$: a **correlação é muito fraca**, praticamente, nada pode-se concluir sobre a relação entre as variáveis. Porque a correlação que existe é considerada insignificante.

Ao analisar o terceiro caso da análise dos resultados obtidos, no quadro 3, com as variáveis de consumo de energia elétrica associado ao IDHM dos estados da

Amazônia Legal, no período proposto, o valor do coeficiente de Pearson foi de **-0,32985**, no sentido de **correlação linear negativa**. Nesse caso: Se $0,3 \leq |r| \leq 0,5$: a **correlação é fraca**, conclui-se que a correlação é relativamente fraca entre as variáveis.

Em conclusão, o estudo mostrou quanto ao sentido em **todos os testes de correlação** os resultados apontam o sentido de **correlação linear negativo**. Ou seja, quando uma variável cresce a outra diminui, ou enquanto uma variável diminui a outra cresce, respectivamente. Em relação a força, a análise do coeficiente de correlação produto-momento de Pearson aponta que os dados de **capacidade instalada e geração de energia**, associados ao **IDHM** dos estados da Amazônia Legal são **muito fraca** ou **insignificante**. Portanto, não existe uma relação estatística de associação entre a infraestrutura elétrica e o IDHM dos estados amazônicos. Por outro lado, as variáveis de **consumo de energia elétrica e IDHM** dos estados amazônicos, no período de 2016 a 2021, existe uma correlação **fraca**. Assim, os dados em questão apresentam pouca relação estatística de associação.

Essa condição deve-se ao fato de apesar do crescimento da infraestrutura energética e da melhoria da alta produção elétrica na região amazônica. Esses acréscimos energéticos não refletem no aumento do consumo elétrico regional, nem no desenvolvimento econômico e muito menos nos resultados divulgados na pesquisa do Atlas Brasil, que apresenta das posições dos IDHMs nos estados da Amazônia Legal no período estudado. Pois a maioria dos índices regionais amazônicos ainda se encontram entre as piores posições do Brasil.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou investigar a relação estatística de associação da expansão da infraestrutura elétrica na região amazônica, que impacta no desenvolvimento econômico e humano na Amazônia Legal. E se essa infraestrutura elétrica contribui para a sustentabilidade energética no país. Desse modo, surgiu a seguinte questão-problema da pesquisa: qual é a relação estatística de associação da expansão da infraestrutura de energia na Amazônia Legal para o desenvolvimento econômico da Amazônia Legal?

A pesquisa teórica apresentou alguns revelações importantes dos temas propostos no trabalho. Porque a infraestrutura elétrica é uma condição necessária para o desenvolvimento econômico. Na qual promove a geração de energia elétrica, o consumo e o desenvolvimento econômico. Desse modo, o estudo identificou que há a necessidade

de debater sobre o desenvolvimento econômico e o desenvolvimento sustentável na sociedade. E que o princípio desenvolvimento sustentável é fundamentado pela fusão do direito ao desenvolvimento e da preservação do meio ambiente.

Assim, na conjuntura atual dos países capitalistas os debates sobre a sustentabilidade energética se torna presente e atual para os cientistas e os governos dos países ricos e em desenvolvimento. Porque é preciso realizar a transição da produção de energia procedente de combustível fósseis, que poluem o meio ambiente, para a aplicação de políticas de eficiência energética, proveniente de fontes de energia limpas. Assim, para atingir a sustentabilidade energética é essencial compreender que a infraestrutura elétrica se relaciona com muitas dimensões, como o acesso à energia, a diversificação de fontes energéticas, a eficiência energética e a articulação político-institucional.

Em relação a pesquisa documental dos dados, o estudo encontrou respostas nos testes de coeficiente de Pearson, que existe uma correlação fraca, muito fraca e negativa, entre as variáveis da infraestrutura de energia e as do IDHM. Em todos os testes estatísticos, com as variáveis da capacidade instalada, de geração de energia elétrica e de consumo elétrico da Amazônia Legal em relação às variáveis do IDHM, nos estados amazônicos no período de 2016 a 2021.

Dessa maneira, apesar dos testes estatísticos de correlação de Pearson contemplar a amostra de um período curto, os resultados foram consistentes em todos os testes. Porém, de acordo com os dados do IDHM dos estados amazônicos, os dados apontam que a maioria dos estados que compõem a região da Amazônia Legal apresentam as piores posições do país, segundo o ranking do Atlas Brasil. Quando comparados com os demais estados do país.

Ainda de acordo com a análise descritiva de energia elétrica na Amazônia Legal, o estudo sugere que apesar de existir um movimento de atração de empresas para a implantação de empreendimentos elétricos nos estados amazônicos. Não existe o mesmo crescimento e desenvolvimento econômico regional, que reflete no baixo consumo de energia elétrica da região. Porque a qualidade de vida pode ser percebida por meio do consumo elétrico da população. Que nesse caso, o estudo apresentou que o consumo de energia elétrica nos estados da Amazônia Legal está estagnado no período de dez anos, conforme analisado.

Embora, a Amazônia Legal passou a ser considerada a nova fronteira hidrelétrica do Brasil, com o aumento considerável das instalações de empresas do setor elétrico na região. E que promove o crescimento da produção de energia elétrica no país. Esse

progresso não alcançou a maioria da população que reside na região. Principalmente, na maioria vida cotidiana dos habitantes da região. Que continuam com baixos índices de desenvolvimento humano nos estados amazônicos.

O que pode-se deduzir do estudo é que os empreendimentos elétricos contribuem para o crescimento econômico do setor elétrico no país. Entretanto, não favorece o desenvolvimento socioeconômico regional da Amazônia Legal como um todo. O que demonstra, mais uma vez, da necessidade de ser debatido como os países promovem o seu crescimento e desenvolvimento econômico, de forma sustentável e com responsabilidade socioambiental.

Por fim, o Brasil possui uma estratégia de expansão da produção energética, utilizando a Amazônia em seu planejamento do setor elétrico. Para garantir a sustentabilidade energética com a utilização de fontes renováveis. No entanto, é preciso garantir o fortalecimento da defesa do meio ambiente na região amazônica e da proteção de sua biodiversidade. Além disso, é necessário a implementação de políticas de melhorias no desenvolvimento humano das populações locais amazônicas. Uma vez que, o desenvolvimento econômico e sustentável deva considerar algo mais do que os valores dos produtos econômicos.

Porque o Estado e os participantes do mercado do setor elétrico precisam alcançar o equilíbrio entre a sustentabilidade energética, o desenvolvimento econômico, o desenvolvimento humano e a proteção do meio ambiente, onde esses empreendimentos elétricos estão inseridos.

REFERÊNCIAS

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica. 2022.** Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>

CASTILHO, Denis. Hidrelétricas na Amazônia brasileira: da expansão à espoliação. In: **Simposio Internacional de la Historia de la Electrificación. Barcelona. La electricidad y la transformación de la vida urbana y social. Barcelona: Universidad de Barcelona/Geocrítica.** 2019. p. 68-87. Disponível em: <https://www.ub.edu/geocrit/Electricidad-y-transformacion-de-la-vida-urbana/DenisCastilho.pdf>

CLIMATE POLICY INITIATIVE. Retrato da energia na Amazônia Legal e a democratização dos dados. 15/01/2023. Disponível em: Site<https://www.climatepolicyinitiative.org/pt-br/publication/a-transicao-energetica-na->

amazonia-legal/

ITAIPU BINACIONAL. Líder mundial na geração de energia limpa e renovável: perguntas e respostas. 2023. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/perguntas-frequentes#:~:text=A%20Itaipu%20Binacional%20%C3%A9%20l%C3%ADder,MW%2C%20contra%2014.000%20MW>.

PEREIRA, Donisete da Silva; **SILVA NETO**, Romeu e. Diversificação de fontes geradoras da matriz elétrica brasileira: uma revisão sistemática. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 3, n. 1, 2021. Disponível em: <https://www.meioambientebrasil.com.br/index.php/MABRA/article/view/75>

PRESTES, Andréia Ferreira et al. Investimento em infraestrutura energética e o crescimento econômico brasileiro no período de 2003 a 2018. **Revista Brasileira de Energia**, v. 25, n. 2, 2019. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Investimento+em+Infraestrutura+Energ%C3%A9tica+e+o+Crescimento+Econ%C3%B4mico+Brasileiro+no+Per%C3%ADodo+de+2003+a+2018&bGt

SOARES, Joyce Aristércia Siqueira; **CÂNDIDO**, Gesinaldo Ataíde. Sustentabilidade da Política Energética no Brasil: uma análise a partir de um conjunto de indicadores relacionais. **REUNIR Revista de Administração Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 13, n. 3, p. 88-109, 2023.

<https://www.reunir.revistas.ufcg.edu.br/index.php/uacc/article/view/1280>