

Índice de qualidade ambiental no semiárido: proposta metodológica baseada no modelo analítico pressure-state-response

Os indicativos de desenvolvimento urbano, social e econômico atuais, dentro do modelo capitalista vigente, são sinônimos de progresso e evolução. Contudo, para alcançá-los, de alguma maneira, se degrada, polui ou modifica o meio ambiente. Nos últimos trinta anos, no Vale do Açu (RN) o crescimento da base produtiva refletiu na diversificação e agravamento dos impactos ambientais acenando para necessidade de se estabelecer o equilíbrio entre as práticas adotadas e a capacidade de suporte dos recursos naturais locais. Nesse sentido, os Indicadores Ambientais se constituem como ferramentas capazes de mensurar as interferências dos processos produtivos sobre a qualidade ambiental levantando informações indispensáveis ao planejamento e gestão de ações que conduzem à sustentabilidade. Baseando-se no modelo analítico de indicador Pressure-State-Response, a pesquisa desenvolveu-se com o objetivo de avaliar a qualidade ambiental do Vale do Açu em função das principais atividades econômicas da região. Para tanto, integrou as metodologias de Rufino (2002) e Mattos e Perez Filho (2007) para compor o Índice de Qualidade Ambiental do Vale do Açu. Os resultados obtidos demonstraram que a qualidade ambiental do Vale nas principais explorações econômicas, no geral, encontra-se no limiar entre as faixas intermediária e ruim.

Palavras-chave: Atividades econômicas; Indicadores; Pressões; Estado do meio ambiente.

Environmental quality index in the semi-arid: methodological proposal based on the pressure-state-response analytical model

Indicative of urban, social and current economic development within the existing capitalist model, are synonymous with progress and evolution. However, to reach them somehow, degrades, pollutes or modifies the environment. Over the last thirty years, in the Vale of Açu (RN) the growth of the productive base reflected in the diversification and worsening environmental impacts waving to need to establish a balance between the practices and the carrying capacity of local natural resources. Accordingly, the Environmental Indicators constitute as tools to measure the interference of processes on environmental quality by raising essential to planning and management actions that lead to sustainability information. Based on the analytical model of indicator Pressure-State-Response, the research was developed with the aim of evaluating the environmental quality Vale of Açu according to the main economic activities of the region. To this end, integrated methodologies Rufino (2002) and Mattos Filho and Perez (2007) to compose the index Environmental Quality Vale of Açu. The results showed that left the environmental quality in the Valley of the main economic exploitation, in general, is on the threshold between the intermediate tracks and bad.

Keywords: Economic activities; Indicators; Pressures; State of the environment.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **20/08/2021**

Approved: **21/09/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Ana Katarina Oliveira Aragão 
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9362078286503928>
<http://orcid.org/0000-0001-7567-8551>
katneg@gmail.com

Ana Beatriz Alves de Araújo 
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil
<http://orcid.org/0000-0003-0477-0021>
beatrizufersa@gmail.com

Erika Socorro Alves Graciano de Vasconcelos 
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7181469410230835>
<http://orcid.org/0000-0003-2271-4859>
erikagracion@gmail.com

Simone Cassiano de Lima Sousa 
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
<http://orcid.org/0000-0001-8408-9011>
simone.klim@hotmail.com

Pedro Henrique da Silva Oliveira 
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
<http://orcid.org/0000-0001-8934-8983>
pedro_henriqu@hotmail.com

Isaac Alves da Silva Freitas 
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1510114683733731>
<http://orcid.org/0000-0001-6019-0510>
isaacnt@outlook.com

Rayanna Campos Ferreira 
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2114087362080099>
<http://orcid.org/0000-0002-0127-800X>
rayannac@gmail.com

Magdi Ahmed Ibrahim Aloufa 
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4153117506852558>
<http://orcid.org/0000-0002-5896-4342>
magdialoufa@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.009.0037

Referencing this:

ARAGÃO, A. K. O.; ARAÚJO, A. B. A.; VASCONCELOS, E. S. A. G.; SOUZA, S. C. L.; OLIVEIRA, P. H. S.; FREITAS, I. A. S.; FERREIRA, R. C.; ALOUFA, M. A. I. Índice de qualidade ambiental no semiárido: proposta metodológica baseada no modelo analítico pressure-state-response. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.9, p.484-500, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.009.0037>

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável é o processo que entra em cena com base em estratégias para aproximar o sistema ambiental humano ao nível de sustentabilidade com vistas a que a vida deste complexo sistema se harmonize e perpetue ao longo do tempo. Esta questão estratégica intenta a ruptura de paradigmas por meio de mudanças no entendimento e posicionamento cultural da sociedade, ou seja, conscientizar sua importância com auxílio de ações e atitudes que reposicionem os aspectos negativos identificados pelos indicadores em direção à sustentabilidade (FEIL et al., 2017).

O crescimento econômico tem repousado no uso insustentável de recursos não renováveis, na destruição da diversidade biológica e na emissão de gases de efeito estufa que aceleraram as crises ambientais globais, além de ter gerado fossos cada vez maiores entre ricos e pobres (MARTINE et al., 2015).

A insustentabilidade dos modelos produtivos capitalistas interfere na conservação dos bens naturais de diferentes maneiras. Além da extração indiscriminada, existem os desequilíbrios decorrentes da deposição inadequada dos resíduos (sólidos ou líquidos). A industrialização muda o cenário da produção e da urbanização; marca profundamente as relações entre a sociedade e o meio ambiente (MOLINARI, 2015). A degradação é provocada pela falta de gerenciamento desses resíduos; falta de locais próprios para destinação final do lixo e efluentes; lentidão legal na cobrança das responsabilidades sociais e ambientais; altos custos de gerenciamento dos resíduos; e, até mesmo, por questões culturais (MARCHI, 2015).

Nos últimos trinta anos, no Vale do Açu, Rio Grande do Norte (RN), o crescimento da base produtiva refletiu na diversificação e agravamento dos impactos ambientais locais (AQUINO et al., 2013). O assoreamento dos rios, a poluição do solo, ar e aquíferos, o desmatamento, o descarte inadequado dos resíduos e as alterações na estrutura física do solo deixaram de ser evento isolado e se tornaram constituintes da paisagem.

Economicamente, o desenvolvimento do Vale do Açu teve início com a ocupação dos sertões através da pecuária em 1845, no entanto, o primeiro apogeu só foi alcançado em 1970 com o Ciclo da Carnaúba. Albano et al. (2009) relatam que na década de 80, com o declínio do extrativismo da cera e a construção da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, o destaque passou a ser da fruticultura irrigada. No cenário atual, a agricultura, as indústrias ceramista, petrolífera e salineira e a carcinicultura são as principais responsáveis pela expressividade econômica da região (COSTA et al., 2009).

Dentro do arranjo espacial das explorações locais a indústria ceramista chama atenção pela significativa concentração regional. Silva (2007), contabiliza que existem no RN cerca de duzentas empresas distribuídas entre os núcleos do Vale do Açu, Seridó e da Grande Natal. Do total de cerâmicas, trinta e duas encontram-se instaladas no Vale, sendo nas cidades de Açu e Itajá as maiores aglomerações. A abundância das jazidas de argila, a localização estratégica como ponto de escoamento para produção, a proximidade com o mercado consumidor e a disponibilidade da mão-de-obra foram, conforme Silva et al. (2011), fatores determinantes para o fortalecimento da atividade na região.

No Vale, o desequilíbrio das relações econômico-ambientais não se restringe às explorações de pequeno e médio porte, atividades de subsistência como o extrativismo da lenha têm sua contribuição.

Lucena et al. (2007) e Roque et al. (2013) relatam que é hábito entre as comunidades e assentamentos regionais usar espécies nativas como o Pereiro (*Aspidospermapyrifolium*), a Aroeira (*Myracrodruonurundeuva*), o Cumaru (*Amburana cearensis*) e a Jurema-Preta (*Mimosa tenuiflora*) para abastecer as olarias.

O modelo produtivo seguido pelas principais atividades econômicas do Vale do Açu encontra-se distante de alcançar a sustentabilidade configurando como urgente a necessidade de promover o equilíbrio entre suas práticas e o meio ambiente. Inseridos nesse contexto Nascimento et al. (2009) indicam trabalhar metodologias capazes de mensurar as interferências dos processos produtivos sobre a qualidade ambiental para que se possa, então, elaborar as ações que conduzirão à equidade econômica-socioambiental tão desejada. Compartilhando do mesmo entendimento Silva et al. (2012) corroboram que os resultados da mensuração são de extrema importância porque ao refletirem o desempenho ambiental do elemento em análise direcionam o planejamento das ações de controle e mitigação que conduzirão ao desenvolvimento sustentável.

Aplicáveis às questões ambientais, os indicadores de sustentabilidade, paulatinamente, vêm sendo utilizados para diagnosticar a realidade dos municípios, como ferramentas de mensuração da condição do meio ou pela implantação de políticas públicas (LOPES, 2016).

Apoiando-se no potencial dos Indicadores como estratégia metodológica eficiente à análise da condição ambiental, a presente pesquisa desenvolveu-se com o objetivo de avaliar a qualidade do meio ambiente no Vale do Açu (RN) em função das principais atividades econômicas da região (agricultura, cerâmicas, carcinicultura, extrativismo da lenha e produção de carvão vegetal) utilizando, para tanto, como sistema de indicador o modelo analítico Pressure-State-Response.

O Pressure-State-Response (PSR) ou Pressão-Estado-Resposta (PER) é um sistema de indicadores ambientais que fornece mecanismos para monitorar o estado do meio ambiente a partir das relações de causa-efeito provenientes da interação do homem com a natureza, sendo as respostas sociais frente às perturbações produzidas também analisadas (OECD, 2003). Brito et al. (2015), lembram que apesar esse modelo não seja apropriado para indicar um índice específico capaz de originar a comparabilidade com outros índices de sustentabilidade, é aceitável caracterizá-lo pela sua grande flexibilidade no que diz respeito a requerer a visão global de múltiplas dimensões que gravitam em torno da dificuldade ambiental (econômica, social e institucional), além de recomendar ações mais corretivas do que preventivas (relação causa-efeito).

REVISÃO TEÓRICA

Desenvolvimento sustentável e atividade industrial

A globalização é motivadora de muitas mudanças que atinge diretamente a sociedade e vida das pessoas. A sociedade globalizada é apontada por muitos progressos tecnológicos, científicos, pela expansão comercial e da produção. Como no cenário mundial globalizado tudo se relaciona, não poderia ser contrário em se tratando do meio ambiente. No entanto, o desenvolvimento econômico, tecnológico ou

científico fez com que o homem se apoderasse dos bens naturais para a realização de suas necessidades de modo irresponsável (MOLINARI, 2015).

O desenvolvimento sustentável pode ser qualificado como uma tática utilizada em longo prazo para melhorar a qualidade de vida (bem-estar) da sociedade. Essa estratégia deve agregar aspectos ambientais, sociais e econômicos, em analisando as limitações ambientais, devido ao acesso aos recursos naturais de forma contínua e perpétua. O conceito de estratégias, ou seja, o ato de gerenciar, é formado com base nos efeitos das avaliações da sustentabilidade, e tem como enfoque os aspectos negativos, resgatando ou normalizando até o ponto em que o processo evolutivo do sistema aconteça normalmente (FEIL et al., 2017).

Considerando apenas o âmbito econômico torna-se difícil desvencilhar o desenvolvimento da industrialização. Conforme Pochmann (2016), a industrialização tem sido basal para a composição da moderna sociedade urbana, uma vez que não há apontamento contemporâneo de país soberano e desenvolvido resolvido apenas na eficiência das atividades relacionadas à agropecuária ou mineral, à força do sistema financeiro ou à conexão da economia de serviços.

A ascensão econômica e as transformações ambientais ligadas à indústria destacaram-se desde o século XVIII quando a Revolução Industrial trouxe inovações que promoveram mudanças na atitude humana desencadeando o consumismo exacerbado. Ao longo dos anos, o ritmo de produção demandado pelo consumo acabou por obscurecer as vantagens da industrialização perante o impacto de seus processos despertando a necessidade de iniciativas que assegurassem os recursos naturais sem afetar o lucro, ou seja, era o momento de buscar a sustentabilidade (LIMA, 2010).

A sustentabilidade é um vocábulo que demonstra a apreensão com a existência de um sistema que diz respeito à junção inseparável (ambiental e humano), e afere suas propriedades e atributos, envolvendo os fatores ambientais, sociais e econômicos (FEIL et al., 2017).

Sobre essa óptica Oliveira et al. (2016), assegura que a sustentabilidade nas instituições pode ser avaliada como uma nova oportunidade, essa mudança pode ser dentro do próprio negócio ou em novos mercados. Inovar dentro do próprio negócio simboliza caminhar a diante dos concorrentes e, assumindo a permanência da empresa, e o seu desenvolvimento. As organizações que se atentam com efeito social de suas ações, e preferem investimentos que colaborem para o desenvolvimento humano, aliciam atenção do consumidor que se viram fiéis aos seus produtos ou serviços, transformando essas ações e parcerias em lucros para a organização.

Indicadores Ambientais como uma Alternativa para Sustentabilidade

Inserir o desenvolvimento sustentável no campo organizacional é uma missão complexa, porque pede uma dedicação intensa de equipes multidisciplinares para envolver as interrelações entre os pilares da sustentabilidade (ou seja, os pilares econômico, ambiental e social) (MORIOKA et al., 2017).

A exploração de áreas ou recursos (naturais ou não) deve ser exercido de forma a inutilizar o menos possível a relação entre meio ambiente e comunidades. A expressão sustentabilidade está cada vez mais

presente no meio organizacional e na sociedade, porém, poucos entendem que essa atitude seja relacionada à preservação do meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2016).

O aumento das atividades produtivas e o manuseio irresponsável dos recursos naturais para alcance de um acelerado crescimento econômico têm apresentado situações exclusivamente negativas, revelados, particularmente em graves prejuízos ambientais e redução de culturas. É a partir dessa ideia que se compreende a presença de uma crise ecológica por que passa a humanidade e que precisa de instrumentos e estratégias que sejam capazes de aferir o coeficiente de sustentabilidade que deve penetrar nos modos de vida do homem. Nessa ótica, frutos de pesquisas, surgiram: os indicadores (BRITO et al., 2015).

Os sistemas de indicadores de sustentabilidade obedecem aos mecanismos que são seguidos para medir o nível do desenvolvimento sustentável de um dado espaço territorial ou de certa atividade econômica (SILVA et al., 2016). Feijó et al. (2012), contam que o Produto Interno Bruto (PIB) foi o primeiro indicador criado (ano 1930) para mensurar crescimento econômico, no entanto, sua aplicação limitava-se às questões de renda e produção, assim, havia ainda uma lacuna. As análises sobre os setores social e ambiental precisavam ser preenchidas, posto que eram de fundamental importância para consolidar as diretrizes do novo modelo de desenvolvimento que estava por vir.

O indicador é uma medida numérica ou qualitativa derivada de um ou mais parâmetros cujo objetivo é caracterizar a realidade provocada por uma determinada condicionante dentro de um sistema complexo (SICHE, 2007). Braga et al. (2011) ressaltam como principais vantagens do método o poder de síntese, a fácil compreensão e a isenção de limitações para seu uso, ou seja, independente da esfera na qual estejam inseridos (econômica, social, ambiental, política ou cultural), os indicadores podem ser aplicados na investigação de diferentes problemáticas. Mas, para garantir a eficiência do método, é necessário que a seleção das variáveis englobe os fatores de interferência direta sobre o fenômeno observado; priorize a confiabilidade e acessibilidade das fontes de dados; e opte por parâmetros de fácil interpretação.

Em resumo, os indicadores são ferramentas metodológicas que apresentam a realidade local assinalando os pontos que faz jus a maior atenção antes que se virem críticos e, a partir do perfil delineado, guiam as ações que irão subsidiar a inclusão da sustentabilidade no campo analisado, além de ser um poderoso instrumento, imprescindível nas mãos de gestores (MORIOKA et al., 2017).

Nesse sentido, muitos foram os sistemas de indicadores que se estabeleceram pelo Mundo. Dentre eles, Van Bellen (2004) destaca: o PSR (Pressure/State/Response); o DSR (Driving-force/ State/Response); o HDI (Human Development Index); o DS (Dashboard of Sustainability); o BS (Barometer of Sustainability); o EFM (Ecological Footprint Method); o MEP (Monitoring environmental progress); o DSIR (Driving, pressure, state, impact, response); e o HEI (Human environment index), entre muitos outros. No caso da presente pesquisa, a ferramenta trabalhada foi o PSR, escolhida por sua adaptabilidade e pelo fato de permitir uma análise integrada das causas, efeitos e respostas ambientais às pressões perpetradas ao meio ambiente (OCDE, 2003).

O Pressure-State-Response (PSR) ou Pressão-Estado-Resposta (PER)

O *Pressure-State-Response (PSR)* ou Pressão-Estado-Resposta (PER), como é chamado em português, é um sistema de indicador originalmente canadense que passou a ser largamente adotado a partir de sua divulgação pela *Organisation for Economic Co-Operation and Development*, em 1993 (IBGE, 2005).

A ferramenta divide seus indicadores nas respectivas classes de pressões ambientais, estado (condições) do meio ambiente e indicadores de respostas sociais, tratando, em sua abrangência, da problemática ambiental que atualmente preocupa Mundo. São exemplos das questões abordadas por esse sistema de indicadores: as mudanças climáticas, os recursos hídricos e a biodiversidade, entre outros (OECD, 2003).

O enquadramento das variáveis nas categorias do Pressão-Estado-Resposta é definido pelo próprio modelo e, de acordo com Carvalho et al. (2009), seguem a seguinte caracterização: Indicador de pressão – Contemplam os impactos propriamente ditos das pressões antrópicas sobre o meio ambiente. A emissão de poluentes proveniente da indústria ceramista é um exemplo desse tipo de indicador; Indicador de Estado – Corresponde às variáveis que podem expressar tanto quantitativa e/ou qualitativamente a condição ambiental mediante uma pressão específica. Retomando o caso das cerâmicas, o Teor de Dióxido de Carbono emitido ilustrara bem o que seria um indicador de estado ambiental; e Indicador de resposta: Englobam as iniciativas sociais que minimizam ou mitigam a degradação originalmente causada. Dentro do que já vem sendo exemplificado, a colocação de filtros nas chaminés das indústrias ceramistas enquadra-se nesta categoria.

A adaptabilidade desse sistema de indicador ambiental fez com que fosse amplamente utilizado pelo Mundo, inclusive no Brasil. Sua evolução ao longo tempo diversificou seus usos e, atualmente, o *Pressure-State-Response* é aplicado: à reformulação de políticas ambientais, como no trabalho da FAEMA (2009); à avaliação da qualidade ambiental local (países, estados, municípios, bacias hidrográficas e bairros), como demonstrado nas pesquisas de Rufino (2002), Cruz Neto et al. (2011) e Bragatto et al. (2012); e à análise da sustentabilidade ambiental de sistemas produtivos, como nos estudos de Passos e Pires (2008).

METODOLOGIA

Área de estudo e o contexto da degradação local

O Vale do Açu é uma microrregião do Rio Grande do Norte composta por nove municípios (Açu, Alto do Rodrigues, Carnaubais, Ipangaçu, Itajá, Jucurutu, Pendência, Porto do Mangue e São Rafael) que territorialmente abrangem uma área de 4.756,11 km² e possui uma população estimada de 154.407 habitantes (IBGE, 2019).

Totalmente inserida na Bacia Hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu, em virtude das suas condições geoambientais e da localização estratégica (próxima dos principais centros consumidores do Estado, do Ceará e da Paraíba) a Microrregião tornou-se um importante polo produtor para o RN. De

acordo com a Secretaria do Estado do Planejamento e das Finanças do Rio Grande do Norte (2019), as atividades regionais que mais contribuem com o desenvolvimento estadual são: a fruticultura irrigada, as indústrias ceramista e de petróleo e gás, a carcinicultura e o extrativismo vegetal, esse, com vistas à fabricação de carvão, ao uso como fonte energética e à extração do pó da Carnaúba (*Copernicia prunifera*). Para melhor compreensão dos fatos, logo abaixo, a Figura 01 ilustra a distribuição espacial das principais atividades econômicas do Vale do Açu.

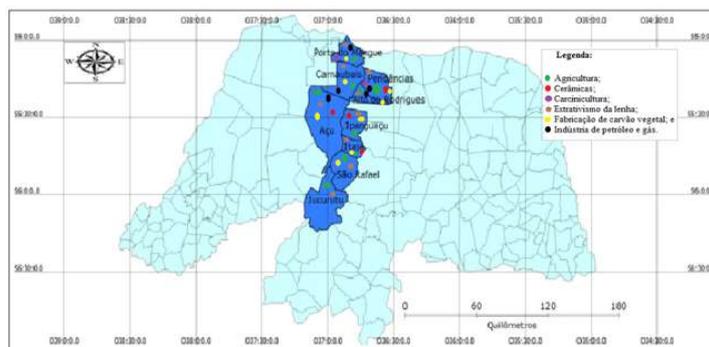


Figura 1: Distribuição espacial das principais atividades econômicas no Vale do Açu. **Fonte:** Aquino et al. (2013).

Aquino et al. (2013) afirmam que a diversificação da base produtiva ampliou a geração de riquezas o Vale, mas que, em contrapartida, o modelo desenvolvimentista seguindo por suas empresas acabou comprometendo a qualidade, a quantidade e a capacidade de restabelecimento dos recursos naturais da região, sendo o Rio Piranhas-Açu um dos elementos mais impactados. O quadro das degradações torna-se ainda mais grave porque, mediante a ausência de políticas públicas e às limitadas condições de trabalho dos órgãos de fiscalização ambiental, os processos produtivos continuam pautados na exploração intensiva e no descarte inadequado de seus resíduos (sólidos e líquidos).

Um exemplo de como o arcabouço tecnológico e os métodos produtivos locais interferem na condição ambiental é dado por Costa et al. (2013), com base no que acontece em Ipanguaçu, onde o manejo empregado na agricultura, em especial pelas grandes empresas, elevou o grau de erodibilidade do município. Em áreas de bacia, como é o caso, esse efeito erosivo se torna um agravante intensificando o assoreamento do rio e promovendo a contaminação do aquífero através dos insumos químicos carreados pelas águas da irrigação (MINELLA et al., 2007).

Mesmo sendo comum a outras atividades a erosão, assim como a agricultura, não é o único fator que merece ser ambientalmente monitorado na área de estudo. Por esse, e por outros motivos anteriormente citados, a presente pesquisa foi pensada para criar um índice de qualidade ambiental cuja análise focasse nas pressões exercidas pelas principais atividades econômicas do Vale do Açu.

Procedimentos metodológicos e de escolha dos indicadores e composição do IQAVA

Inicialmente, com base em uma investigação bibliográfica e documental, identificaram-se as principais atividades econômicas da região, como se distribuíam ao longo da área em estudo e quais eram os problemas de ordem ambiental comuns a cada uma delas. Com base nessas informações, as incursões de campo foram programadas.

A partir do cenário delineado, apoiou-se na metodologia de Rufino (2002) para definir as variáveis e indicadores de Pressão, Estado e Resposta que seriam analisados. Para serem selecionados os indicadores deveriam: (i) causar um impacto significativo ou ser comum ao maior número possível de atividades econômicas; (ii) ser passível de quantificação mediante as condicionantes da pesquisa; (iii) estabelecer uma linearidade entre causa, efeito e resposta social. A Tabela 1 lista os indicadores eleitos.

Tabela 1: Indicadores analisados. *Considerou-se para contagem apenas as empresas que atendiam a todos os padrões estabelecidos pelas respectivas Resoluções.

	Pressão	Estado	Resposta
Ar	- Emissão de CO em kg/dia (USEPA, 2008);	- Concentração anual de CO (ppm);	- Cumprimento da Resolução nº 003/90 do CONAMA* (u. n.)
	- Emissão de CO ₂ em kg/dia (USEPA, 2008);	- Concentração anual de CO ₂ (ppm);	
	- Emissão de material particulado em kg/dia (USEPA, 2008);	- Concentração anual de material particulado (µg/m ³)	
Água	- Lançamento de efluentes não tratados (m ³ /dia) – IPT (2012)	- Índice de Qualidade da Água	- Cumprimento da Resolução nº 430/11 do CONAMA* (u. n.)
		- IQA (CETESB, 2012)	
Solo	- Volume de resíduos sólidos gerados (t/ano) Silva e Cândido (2012)	- Concentração de metais pesados (mg/kg);	- Destinação adequado dos resíduos sólidos.
	- Aplicação de substâncias químicas (kg. ha ⁻¹ /ano) – IGBE (2008);	- Condutividade elétrica (dS/m); - pH	
	- Alteração na estrutura física (u. n./ha) Stefanoski et al. (2013)	- Compactação (%); - Densidade (kg/m ³)	
Vegetação	- Desmatamento (%) Mato Grosso (2013)	-X-	- Áreas protegidas e/ ou reflorestamento

Os quantitativos referentes aos parâmetros relativos aos indicadores de Estado foram determinados com base nos seus respectivos métodos analíticos. Já os dos indicadores de Resposta foram contabilizados a partir de um levantamento documental junto aos órgãos de fiscalização competentes (IBAMA e IDEMA) e de observações realizadas no local.

Para transformar os indicadores em índices e compor o Índice de Qualidade Ambiental do Vale do Açu (IQAVA) seguiu-se a sistemática metodológica de Mattos et al. (2007), onde as diferentes unidades de medida dos indicadores trabalhados são convertidas em uma escala única de valores (que varia de 0 a 1) para, em seguida, serem agrupados (por categoria) em índices parciais que, por último, são agregados para formar o índice final de qualidade ambiental.

Partindo desse princípio e considerando a equidade da relevância ambiental do ar, da água, do solo e da cobertura vegetal para o meio calculou-se o IQAVA a partir da média aritmética entre os índices parciais de pressão, estado e resposta. Por fim, para determinar a condição ambiental do Vale do Açu, comparou-se o valor do IQAVA obtido com os padrões estabelecidos por Mattos et al. (2007) categorizados conforme a Tabela 2 a seguir:

Tabela 2: Faixa de valores de classificação da qualidade ambiental.

Varição de Valores	Caráter da Qualidade Ambiental
0 – 0,20	Péssima ou Crítica
0,20 – 0,40	Ruim
0,40 – 0,60	Intermediária
0,60 – 0,80	Boa
0,80 – 1,00	Ótima

Fonte: Mattos et al. (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 lista os indicadores de pressão, estado e resposta analisados e seus respectivos índices de qualidade ambiental do Ar decorrentes da atuação da indústria ceramista e da produção de carvão vegetal apontando que a ação das carvoarias compromete de modo menos incisivo a condição do elemento natural analisado.

Tabela 3: Indicadores e índices de qualidade ambiental para variável Ar em função da atuação da indústria ceramista e das carvoarias.

Indicadores		Atividades econômicas	Indústria Ceramista	Carvoarias
Pressão	Emissão de CO		0,81	0,90
	Emissão de CO ₂		0,09	0,21
	Emissão de Material Particulado		0,26	0,43
	ÍNDICE PARCIAL		0,38	0,51
	Concentração anual de CO		0,61	0,76
Estado	Concentração anual de CO ₂		0,12	0,28
	Concentração de Anual de Material Particulado		0,17	0,62
	ÍNDICE PARCIAL		0,30	0,55
Resposta	Cumprimento da Resolução nº 003/90 do CONAMA		0,083	0,75
ÍNDICE FINAL			0,25	0,60

Através das visitas *in loco* pode-se constatar que uso de lenha nas olarias e carvoarias é predominante nas empresas do Vale do Açu. Nazário et al. (2018) citado por Nascimento et al. (2008), ao compararem as semelhanças entre os processos produtivos cerâmicos e seus consequentes impactos ambientais no Seridó potiguar e no Polo Açu, também identificaram o emprego dominante da madeira como fonte energética nas empresas de ambas as regiões. Relacionando o quantitativo apresentado pelo IDEMA (2018) com o parâmetro de transformação adotado pela CENBIO (2008), para o forno tipo rabo quente (mais adotado no Brasil (OLIVEIRA et al., 2017), tem-se que cerca de 210 kg de lenha são consumidos para gerar diariamente 290 kg de carvão no Vale).

Para variável Ar a diferença entre os valores de Índice Parcial ocorreu em todas as categorias de Indicadores analisadas na Tabela 03. Quando classificados conforme a Tabela 02, os Índices Parciais de Pressão (0,38) e Estado (0,30) para Olarias foram categorizados como “ruins” e o de Resposta (0,083) como “péssimo ou crítico”; para as Carvoarias, obedecendo à mesma ordem, os índices enquadraram-se nas classes “intermediária” e “boa”. Com base nessa configuração, a condição ambiental do Ar mediante a ação da Indústria Ceramista foi apontada como “ruim” (valor do Índice Final: 0,25) enquanto a da Produção de Carvão Vegetal foi “intermediária” - Índice Final de 0,60.

Independentemente da finalidade de uso, o processo de combustão da biomassa vegetal, conforme Goldemberg (2015), Garcia et al. (2017) e Artex et al. (2014), polui a atmosfera emitindo, principalmente, Monóxido e Dióxido de Carbono (CO e CO₂), gás Metano (CH₄), material particulado (fuligem e cinzas) e outros compostos. O quantitativo e o tipo de poluente gerado dependem da forma como o processo de queima é conduzido, a temperatura e o oxigênio disponível são os fatores de extrema relevância para o processo (LIESENFELD et al., 2017).

Carvalho Júnior et al. (2018) explicam que, em temperaturas inferiores a 500°C, a queima do

Carbono contido na maioria das biomassas vegetais ocorre de maneira incompleta minimizando as emissões de CO, CO₂ e material particulado; quando “perfeita”, o carbono, o hidrogênio e o enxofre contidos na matéria prima são oxidados e convertidos em CO₂, vapor d’água e energia. A fuligem e as cinzas, de acordo com a CETESB (2012), formam-se porque é impossível alcançar a combustão perfeita ou completa (carbonização de 100% do material vegetal) e, por esse motivo, aquilo que não é oxidado acaba se transformando em material particulado.

Ao estudarem o comportamento da madeira submetida a altas temperaturas Moraes et al. (2016) respaldaram a influência do oxigênio e da elevação térmica sobre a formação de gases tóxicos e de efeito estufa, bem como de partículas. Segundo os autores, de 100°C até 280°C acontecem às reações iniciais de oxidação responsáveis por liberam pequenas quantidades de vapores e CO₂. À medida que a temperatura cresce, a partir dos 200°C, os processos químicos são acelerados aumentando o quantitativo de O₂ consumido e de gases gerados. Quando o oxigênio disponível é insuficiente para oxidar o carbono, originam-se fuligem e moléculas de CO ao invés de CO₂. Entre 280°C e 380°C a formação do carvão começa acontecer e só vai ser concluída (dependo da composição físico-química da espécie vegetal) quando a temperatura alcançar a faixa de 380°C a 500°C, nesta fase os principais subprodutos são o alcatrão, o metanol e o ácido acético havendo redução da emissão de dióxido de Carbono. Se a chama for mantida e a temperatura do forno ultrapassar 500°C, inicia-se um novo ciclo de oxidações que, por sua vez, demanda mais oxigênio e gera uma nova carga de poluentes.

Evidenciadas as relações de combustão, o fato das Cerâmicas se sobressaírem às Carvoarias impactando mais incisivamente a condição ambiental do recurso Ar no Vale do Açu deve-se ao porte e ao potencial poluidor da atividade. Vários estudiosos confirmaram (VEAL, 2018; CUNHA et al., 2010; GIODA, 2018) que a fabricação do carvão vegetal deriva da queima incompleta da madeira. Como referenciado anteriormente, nessas condições de carbonização, os quantitativos de CO, CO₂ e material particulado são menores tendo em vista que as olarias trabalham com temperaturas de combustão superiores à 800°C.

Apesar dos padrões inferiores e de caracterizar-se regionalmente como uma atividade de pequeno porte dispersa no meio rural, os procedimentos rudimentares de produção e a ausência de práticas de regulação da poluição nas Carvoarias qualificaram a condição ambiental do Ar no Vale como intermediária. Ao analisarem a evolução e concentração da produção de carvão vegetal no Brasil. Simoni et al. (2017) identificaram as mesmas causas, os pesquisadores observaram que a baixa eficiência produtiva e os problemas ambientais ligados às emissões atmosféricas no setor são consequência de técnicas primitivas e da ausência de um controle qualitativo e quantitativo da carbonização. Wilson (2018) complementam que sem o controle desses fatores cerca de 30% a 40% da madeira queimada é convertida em carvão sendo o restante liberado na forma de gases e outros compostos como, por exemplo, ácidos acéticos e líquidos pirolenhosos.

Entre as atividades econômicas observadas pela presente pesquisa, a carcinicultura e a agricultura foram selecionadas para análise da condição ambiental do recurso água por pressionarem diretamente o Rio Piranha-Açu na região do Vale. A Tabela 04 ilustra os índices e indicadores analisados para classificar a qualidade ambiental da água em função da agricultura e carcinicultura.

Tabela 4: Índices e indicadores de qualidade ambiental da água para agricultura e carcinicultura.

INDICADORES		ATIVIDADES ECONÔMICAS	CRACINICULTURA	AGRICULTURA
PRESSÃO	Lançamento de Efluentes não Tratados		0,07	0,83
ESTADO	Índice de Qualidade da Água - IQA		0,18	0,64
RESPOSTA	Cumprimento da Resolução nº 430/11 do CONAMA		0	0,07
ÍNDICE FINAL			0,08	0,51

Todos os índices relativos à qualidade ambiental da água associados ao Cultivo de Camarão qualificaram a condição do recurso como “péssima ou crítica”, incluindo o Índice Final. Já para Agricultura, os valores de pressão e estado responderam de forma positiva (classificados como “bons”) e o de resposta de modo negativo (classificado como “péssimo ou crítico”).

Os estados crítico e intermediário do recurso água revelados na Tabela 04 pelos respectivos Índices Finais (0,18; 0,51) alertam para a necessidade de uma gestão hídrica mais eficiente; do reforço nas fiscalizações pelos órgãos ambientais competentes; e de implantação de planos de resguardo ao Rio e manejo sustentado para as atividades causadoras de impacto.

Apesar da distinção metodológica, ao avaliarem o Índice de Qualidade da Água na região do Vale do Açu, Ottoni (2009) e Silva et al. (2014) verificaram condições semelhantes à da presente pesquisa. A primeira Autora utilizou organismos bioindicadores (macroinvertebrados bentônicos) para analisar a qualidade da água em Açu, Alto do Rodrigues, Ipangaçu e Pendências e observou que tanto a comunidade biótica quanto a fonte hídrica (Rio Piranhas-Açu) sofreram alterações significativas em relação à qualidade ambiental. Já os outros Pesquisadores concentraram suas investigações em pontos de descarga direta de efluentes de irrigação situados nas proximidades de Açu e, aplicando a metodologia da CETESB (2012), obtiveram como resposta um IQA “bom”.

Na área de estudo as diferenças entre os índices relativos à Agricultura e à Carcinicultura ocorreram porque a carga de efluentes lançada por essa atividade eleva significativamente os parâmetros constituintes do IQA. Os resultados da pesquisa de Joventino et al. (2008) em fazendas de camarão no município de Fortim-CE revelaram que após a despesca os sólidos suspensos e sedimentares, o potencial de hidrogênio (pH) e amônia total ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) superaram os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Bezerra et al. (2016), Cavalcante et al. (2017) e Vicente et al. (2016) confirmaram em seus trabalhos que os rejeitos da despesca elevam os níveis de pH, Turbidez, sólidos suspensos, condutividade elétrica, fosfato e amônia totais, clorofila e de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Ao ultrapassarem os padrões admissíveis tais parâmetros influenciam negativamente a composição do IQA e potencializam o assoreamento as chances de ocorrer Eutrofização.

As interferências negativas da Carcinicultura sobre o meio ambiente do Vale estendem-se ao recurso Solo sendo inferiores apenas as da Indústria Ceramista. A Tabela 05 expressa os índices e indicadores que qualificam a condição ambiental do solo no Vale do Açu em função das cerâmicas, carcinicultura, agricultura e extrativismo da lenha, nela foi possível observar que cada atividade se

enquadrou em uma categoria sendo a pior condição atribuída às Olarias (Ruim) e a melhor à extração da mata nativa para fins de comercialização (Boa).

Tabela 5: Índices e indicadores que qualificam a condição ambiental do solo no Vale do Açu em função das cerâmicas, carcinicultura, agricultura e extrativismo da lenha. NA*O parâmetro não se aplica a atividade observada.

Indicadores	Atividades econômicas	Indústria ceramista	Agricultura	Extrativismo da lenha	Carcinicultura
Pressão	Volume de Resíduos Sólidos Gerados	0,32	0,83	0,96	0,76
	Aplicação de Substâncias Químicas	NA*	0,04	NA*	0,42
	Alterações na Estrutura Física do Solo	0,06	0,27	0,88	0,11
	ÍNDICE PARCIAL	0,19	0,38	0,92	0,43
	Concentração de Metais Pesados	NA*	0,93	NA*	0,98
	Condutividade Elétrica	0,91	0,12	0,88	0,37
	Compactação	0,04	0,61	0,86	0,28
Estado	Densidade	0,11	0,74	0,97	0,37
	ÍNDICE PARCIAL	0,35	0,60	0,90	0,50
Resposta	Destinação Adequada dos Resíduos Sólidos	0,08	0,64	0	0
ÍNDICE FINAL		0,21	0,54	0,61	0,31

O resultado encontrado é consequência das práticas de manejo e do uso do solo empregados por cada atividade. Apesar de serem as explorações mais executadas ao longo da área de estudo, a agricultura e o extrativismo apresentaram os melhores Índices Parciais de estado (respectivamente: 0,60 e 0,90). Na maioria dos campos agrícolas da região as erosões oriundas da irrigação e do preparo da terra não favoreceram a composição de índices negativos de compactação e densidade, nem o grande volume de aplicação de agroquímicos elevou a fixação de metais pesados. Castro et al. (2020), justifica que a fixação desses elementos tóxicos no sistema solo-planta depende da composição e frequência de aplicação do agroquímico; do pH do solo; da disponibilidade de matéria orgânica; e da presença de determinados íons. Em condições estáveis os metais pesados são adsorvidos ficando aprisionados no solo e, em ambiente propício, são liberados (ALLEONI et al., 2005; LINHARES et al., 2009).

Sobre o cultivo de Camarão, no referente à dinâmica de contaminação do solo, observou-se que a queda da qualidade ambiental dos índices de compactação e densidade decorreu da manutenção constante dos viveiros e do descarte dos efluentes. Dentre as ações que degradam o meio ambiente no âmbito da Carcinicultura potiguar a destinação inadequada dos efluentes oriundos da atividade se destaca pelo fato da grande maioria das Empresas do ramo descartarem o rejeito diretamente no ambiente sem tratamento prévio. Estudos realizado no RN por Costa et al. (2018) e Fernandes et al. (2018) apontaram que tal prática, além de contribuir com o aumento da erodibilidade do solo (a partir do carreamento das partículas que compõem os taludes dos tanques e os canais despesca) e assoreamento e eutrofização dos corpos d'água interligados ao sistema, ainda prejudicam o crescimento/desenvolvimento da vegetação de mangue e mata ciliar, bem como promovem seu soterramento

A salinização é outro problema comum às zonas agrícolas da região e aos demais processos que envolvem o contato direto do solo com compostos químicos. A condutividade elétrica é usada para medir a

salinização e sua presença é identificada através da concentração de solutos inorgânicos (e.p. Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Cl⁻) disponíveis no solo (RABELLO, 2009). Os índices de condutividade elétrica encontrados para agricultura (0,12) e carcinicultura (0,37) qualificaram a condição do solo como péssima e ruim. A salinidade nas áreas fertirrigadas do Vale do Açu em decorrência do uso excessivo de fertilizantes também foi identificada por Caminha et al. (2018, 2019) e Lemos Filho et al. (2014). Na carcinicultura o aspecto negativo do índice de condutividade elétrica deve-se a fertilização dos viveiros. O uso contínuo de fertilizantes inorgânico aliado às altas taxas de evaporação das zonas semiáridas e à precipitação dos sais contidos nas sobras de ração são, segundo Figueiredo et. al. (2005), as causas da salinização na Carcinicultura. Carvalho et al. (2017), confirmaram o que foi observado pela presente pesquisa e acrescenta que, para essa atividade, o Nitrogênio, o Fósforo e o Potássio são os adubos de maior incidência sobre a salinidade do solo no Vale.

Para a obtenção da lenha, o indicador Destinação Adequada dos Resíduos Sólidos foi o único de caráter negativo. O abandono de galhos e troncos de padrões indesejáveis é comum entre os lenhadores da região. Mesmo existindo, a quantidade de material deixada em campo é pequena e não assumem potencial poluidor por ser biodegradável. Aryal et al. (2018), reitera que a exposição a Sol e chuva ajuda a decompor o material e aquilo que em um primeiro momento foi chamado de resíduo gradativamente é transformado em fertilizante.

Os indicadores de pressão e resposta voltados à questão dos resíduos sólidos nas olarias apresentaram índices de 0,32 (ruim) e 0,08 (crítico). No polo ceramista do Vale do Açu o volume de material gerado (cinzas e material cerâmico não comercializado nem reutilizado) é elevado e a quase totalidade da destinação ocorre de modo inadequado. Durante as incursões de campo observou-se que os cacos de telhas e tijolos ou são depositados às margens da BR e vias de acesso ou são amontoados nos pátios das próprias fábricas.

A vegetação foi o único recurso natural a estabelecer relação com todas as atividades econômicas. A Tabela 06 apresenta a condição ambiental da vegetação na área estudada em função das principais explorações da Microrregião.

Tabela 6: Qualidade Ambiental da variável Vegetação em função da agricultura, carcinicultura, indústria ceramista, produção de carvão vegetal e extrativismo da lenha.

Indicadores		Atividades econômicas				
		Agricultura	Produção Carvão	Carcinicultura	Cerâmica	Extrativismo Lenha
Pressão	Desmatamento	0,26	0,88	0,62	0,56	0,72
Resposta	Áreas Protegidas e/ou de reflorestamento	0,30	0	0,77	0,02	0,03
ÍNDICE FINAL		0,28	0,44	0,70	0,29	0,37

Indicador desmatamento mostra que a agricultura tem o pior índice de qualidade ambiental para vegetação (0,26 - Ruim) sendo seguido pelas cerâmicas (0,56 - Intermediário), carcinicultura (0,62 – Bom), extrativismo da lenha (Bom) e produção de carvão vegetal (Ótimo). A pequena demanda das carvoarias; a repressão ao uso da lenha de fontes não licenciadas; e o respeito à Resolução do CONAMA nº 303/2002

que protege o mangue enquanto área de preservação permanente foram os fatores que contribuíram positivamente para essa categorização. Em contrapartida, observou-se o baixo quantitativo de campos agrícolas que satisfazem o padrão de reserva legal (20%) e o reduzido número de olarias que substituíram completamente as espécies nativas pela Algaroba e poda de Cajueiro. Nesse sentido, Tavares e Santos (2013) afirmam que na região do Vale do Açu ainda existe uma forte dependência (social e econômica) das espécies regionais, principalmente nos polos de produção cerâmica.

Concluídas as análises para todas as variáveis ambientais, partiu-se para construção do Índice de Qualidade Ambiental do Vale do Açu (IQAVA) calculando-se inicialmente a média entre os índices finais de cada atividade e, posteriormente, para o todo. O diagnóstico final definiu que a condição ambiental dos recursos naturais do Vale do Açu em relação às principais atividades econômicas desenvolvidas na região encontra-se exatamente no limite entre o ruim e o intermediário, é igual 0,40.

CONCLUSÕES

A cerca das pressões que as atividades econômicas exercem na Bacia Hidrográfica do Piancó-Piranhas-Açu, observou-se que a qualidade ambiental nas principais explorações econômicas, encontra-se no limiar entre as faixas intermediária e ruim.

A vegetação constitui o elemento mais frágil desse ecossistema, o desmatamento esteve presente independentemente do tipo de exploração analisada. Também houve destaque para: as alterações da estrutura física do solo; modificação dos cursos d'água; desperdício da água; emissão de material particulado e gases tóxicos; deposição inadequada dos resíduos sólidos e a fuga da fauna nativa.

Só o derramamento de óleo infligiu um impacto leve em virtude do nível de tecnificação, controle e segurança exigidos pela indústria de petróleo e gás. A variedade e intensidade dos impactos identificados levaram a conclusão de que o modelo produtivo local degrada de maneira intensiva a vegetação, o solo e água do ecossistema que compõe a Bacia Hidrográfica, assinalando a necessidade urgente de uma revisão das práticas produtivas adotadas no Vale do Açu, bem como, da implantação de iniciativas pautadas no manejo sustentado.

REFERÊNCIAS

ALBANO, G. P.; SÁ, A. J.. Vale do Açu-RN: a passagem do extrativismo da carnaúba para a monocultura de banana. **Revista de Geografia**, v.26, n.3, p.6-32, 2009.

ALLEONI, L. R. F.; IGLESIAS, C. S. M.; MELLO, S. C.; CAMARGO, O. A.; CASAGRANDE, J. C.; LAVORENTI, N. A. L.. Atributos do solo relacionados à adsorção de cádmio e cobre em solos tropicais. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, p.729-737, 2005.

AQUINO, J. R.; SILVA FILHO, R. I.; MIRANDA, M. A.. Socioeconomia e o meio ambiente do Vale do Açu no limiar do século XXI. **Revista do Instituto cultural do Oeste Potiguar**, v.1, p.29-43, 2013.

ARYAL, D. R.; CORZO, R. R.; CRUZ, A. L.; SANABRIA, C. V.; CASTRO, H. G.; HERNÁNDEZ, F. G.; RUIZ, R. P.; VENEGAS, J. A.; COSS, A. L.; RUIZ, D. M.; CHI, I. E.. Biomass Accumulation in forests with high pressure of fuelwood extraction in chiapas, México. **Revista Árvore**, v.3, n.42, p.1-6, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-90882018000300007>

ARBEX, M. A.; CASTRO, H. A.. **Queima de Biomassa: Impactos Ambiental e Ocupacional**. 2014.

BEZERRA, M. A.; LUSTOSA, D. C. P.; FURTADO NETO, M. A. A.. Padrões hidrobiológicos como indicadores ambientais em afluentes e efluentes de viveiros de carcinicultura marinha no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. Rio de Janeiro, n.41, p.75-85, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820160083>

BRAGATTO, R. D.; MARTINI, C. A.; STEFFANI, M. A.; ZOREL JÚNIOR, H. E.; RODRIGUES, B.. Indicadores ambientais de sustentabilidade sistematizados pelo modelo pressão-estado-resposta (PER): análise de águas superficiais na microbacia hidrográfica Passo da Pedra, em Pato Branco-PR. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.7, n.2, p.87-103, 2012.

BRAGA, P. M.; FERREIRA, C. N.. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**. 2011.

BRITO, A. L. C.; CÂNDIDO, G. A.. Contribuições do sistema de indicador de sustentabilidade Pressão-Estado-Impacto-Resposta (P-E-I-R) na análise situacional da vulnerabilidade socioambiental das terras indígenas. **Revista Espacios**, v.36, n.6, p.1-16, 2015.

CAMINHA, M. P.; LEMOS FILHO, L. C. A.; ANDRADE, A. T. S.. **Incremento de salinidade no Vale do Rio Açu em função da irrigação**. 2018.

CARVALHO, R. A. A.; MARTINS, P. C. C.. Caracterização da atividade de carcinicultura no Vale do Rio Açu, Rio Grande do Norte, Brasil. **Holos**, v.2, n.33, p.96-107, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2017.3427>

CASTRO, T. M.; FIRMO, W. C. A.; SILVA, F. M. A. M.; SILVA, D. F.; SILVA, M. R. C.. Vulnerabilidade do solo em área agrícola à contaminação por agrotóxicos. **Revista FSA**, v.17, n.1, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.12819/2020.17.1.11>

CASTRO, T. M.; ANDRADE, A. T. S.; LEMOS FILHO, L. C. A.. **Salinização secundária dos solos do Vale da Bacia Hidrográfica do Rio Açu**. 2019.

CAVALCANTE, A. B. L.; LEITE, J. S.; SANTAELLA, S. T.. **Avaliação das modificações físico-químicas da água de um estuário sob influência da carcinicultura**. 2017.

CARVALHO JÚNIOR; MENDIBURU, A. Z.; CORONADO, C. J. R.; MCQUAY, M. Q.. **Combustão Aplicada**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

CARVALHO, P. G. M.; BARCELLOS, F. C.. **Construindo indicadores de sustentabilidade**. Indicadores Econômicos Porto Alegre, v.37, p.1-14, 2009.

CENBIO. Centro Nacional de Referência Em Biomassa. **Carvão vegetal: aspectos técnicos, sociais, ambientais e econômicos**, 2008.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Índice de Qualidade das Águas**, 2012.

COSTA, A. H.; RIBEIRO, K.; SANTOS, D. B.; PONTES, C. S.. Aspectos sociais e ambientais da carcinicultura no litoral sul do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista de Geografia Agrária**, v.12, n.26, p.366-387, 2018.

COSTA, L. P.; SANTOS, N. N. B.; BRITO, E. S.; AUGUSTO, C. O.. O desenvolvimento econômico e as implicações socioambientais em Ipangaçu e Alto dos Rodrigues/RN. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE E NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA. **Anais**. Belém, 2009.

COSTA, A. M. B.; SILVA, F. M.; DANTAS, H. R.; LOPES JÚNIOR, F. C.; MARTINS, M. E. R.. Suscetibilidade à degradação ambiental no município de Ipangaçu/RN por geotecnologias.

In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. **Anais**. Currais Novos, 2013.

CRUZ NETO, C. C.; ALVES, J. M.. Pressure-State: response: avaliando a qualidade ambiental da cidade de Itabuna (BA). **Revista Administra-Ação**, v.6, p.113-133, 2011.

CUNHA, T. J. F.; NOVOTNY, E. H.; MADARI, B. E.; BENITES, V. M.; MARTIN NETO, L.; SANTOS, G. A.. O carbono pirogênico. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W.. **As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Embrapa Amazonia Ocidental, 2010.

GARCIA, D. P.; CARASCHI, J. C.; VENTORIM, G.. Emissões de gases do efeito estufa da queimada de pellets de madeira. **Revista Floresta**, v.47, n.3, p.297-306, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/RF.V47I3.50952>

GIODA, A.. Comparação dos níveis de poluentes emitidos pelos diferentes combustíveis utilizados para cocção e sua influência no aquecimento global. **Química Nova**, v.41, n.8, p.839-848, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170260>

GOLDEMBERG, J.. Energia e sustentabilidade. **Revista Cultura e Extensão**, v.14, p.33-43, 2015. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9060.v14i0p33-43>

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Indicadores Ambientais 2009: índice de desempenho da política ambiental para o Estado de Minas Gerais**, 2009.

FEIJÓ, C. A.; VALENTE, E.; CARVALHO, P. G. M.. Além do PIB: uma visão crítica sobre os avanços metodológicos na mensuração do desenvolvimento socioeconômico e o debate no Brasil contemporâneo. **Estatística e Sociedade**, v.2, p.42-56, 2012.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D.. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. **Caderno Ebape.Br**, v.14, n.3, p.667-681, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1679-395157473>

FERNANDES, R. T. V.; OLIVEIRA, J. F.; FERNANDES, R. T. V.; PINTO, A. R. M.; NASCIMENTO, L.; OLIVEIRA, J. C.; NOVAES, J. L. C.. Impacto da carcinicultura no manguezal do rio das Conchas, Porto do Mangue, Rio Grande do Norte. **Sociedade & Natureza**, v.30, n.3, p.64-84, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v30n3-2018-4>

FIGUEIREDO, M. C. B.; ARAÚJO, L. F. P.; GOMES, R. B.; ROSA, M. F.; PAULINO, W. D.; MORAIS, L. F. S.. Impactos ambientais do lançamento de efluentes da carcinicultura em águas interiores. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10, n.2, p.167-174, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522005000200011>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2019**. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais: perfil dos municípios brasileiros**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

JOVENTINO, F. K. P.; MAYORGA, M. I. O.. Diagnóstico

socioambiental e tecnológico da carcinicultura no município de Fortim, Ceará, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodema**, v.2, n.2, p.80-96, 2008.

LEMOS FILHO, L. C. A.; FRANCO, M. S. B. P.; TORRES, M. M.; FERREIRA, L. L. N.; VALE, C. N. C.. **Análise espacial de indicadores de salinização em área irrigada no Vale do Rio Açu, RN**. Fortaleza, 2014.

LINHARES, L. A.; EGREJA FILHO, F. B.; OLIVEIRA, C. V.; BELLIS, V. M.. Adsorção de cádmio e chumbo em solos tropicais altamente intemperizados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.3, p.291-299, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000300011>

LIESENFELD, K. A.; FIGUEIREDO, A. S.; SILVA, M. O.; SILVA, M. G.. **Panorama das emissões de gases de efeito estufa em olaria**. 2017

LIMA, A. K. F. G.. **Consumo e sustentabilidade**: em busca de novos paradigmas numa sociedade pós-industrial. 2010.

LOPES, A. F. A.. **O programa cidade sustentável, seus indicadores e metas**: instrumentos Metodológicos para a Avaliação da Sustentabilidade no município de Prata/MG. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Uberlândia, 2016.

LUCENA, R. F. P.; ALBUQUERQUE, U. P.; MONTEIRO, J.; ALMEIDA, C. F. C. B. R.; FLORENTINO A.; FERRAZ, J. S. F.. Useful plants of semi-arid northeastern region of Brazil: a look at their conservation and sustainable use. **Springer Science**, v.125, n.1, p.281-290, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-006-9521-1>

MATTOS, S. H. V. L.; PEREZ FILHO, A.. Avaliação da qualidade ambiental em sistema complexo: bacia Hidrográfica do Córrego do Piçarrão (Campinas-SP). **Geografia**, v.32, n.1, p.51-68, 2007.

MARTINE, G.; ALVES, J. E. D.. Economia, sociedade e meio ambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade? **Revista Brasileira de Estudos de População**, p.1-28, 2015, DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-3098201500000027P>

MARCHI, C. M. D. F.. Novas perspectivas na gestão do saneamento: apresentação de um modelo de destinação final de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v.7, n.1, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.007.001.AO06>

MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H.; REICHERT, J. M.; SANTOS, D. R.. Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1637-1646, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600039>

MOLINARI, D. R.. **Entre o luxo e o lixo**: desafios da sociedade de consumo na gestão dos resíduos sólidos. Dissertação (Mestrado em Direitos Humanos) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2015.

MORIOKA, S. N.; CARVALHO, M. M.. Discutindo sustentabilidade no contexto de negócios e em relatórios de desempenho: análise de estudos de caso brasileiros. **Gestão da Produção**, v.24, n.3, p.514-525, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X2665-16>

MORAES, P. D.; RODRIGUES, J. P. C.. Comportamento a temperaturas elevadas de ligações de madeira pregadas. In: SEMINÁRIO CONSTRUIR EM MADEIRA. **Anais**. Guimarães, 2016.

NASCIMENTO, D. C. C.; ALBUQUERQUE, A. A.; SILVA, V. P.. As pequenas indústrias de cerâmica vermelha do semiárido e sua responsabilidade socioambiental. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE E NORDESTE DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA. **Anais**. Belém, 2009.

NAZÁRIO, L. C. S.; SANTOS, A. R.; LUCENA, L. F. L.; SILVA, V. E. M.. Panorama da indústria de cerâmica vermelha e os impactos ambientais na Região do Seridó. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE. **Anais**. João Pessoa, 2018.

OECD. Organisation for Economic Co-Operation and Development. **Environmental Indicators**: development, measurement and use. 2003.

OLIVEIRA, M. M.; MEDEIROS, M. H. A. S.; SILVA, R. L.; LUCAS, G. A. P.. Desenvolvimento sustentável nas organizações como oportunidade de novos negócios. **Revista Valore**, n.1 v.1, p.42-66, 2016.

OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C.; SALLES, T. T.; CARNEIRO, A. C. O.; LANA, A. Q.. Análise de risco econômico de dois sistemas produtivos de carvão vegetal. **Floresta e Ambiente**, v.24, n.27, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.026516>

OTTONI, B. M. P.. **Avaliação da qualidade da água do Rio Piranhas-Açu/RN utilizando a comunidade de macroinvertebrados bentônicos**. Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

PASSOS, H. D. B.; PIRRES, M. M.. Indicadores ambientais para avaliação de agroecossistemas. **Informe Gepec**, v.12, n.1, p.1-15, 2008.

POCHMANN, M.. **Brasil sem industrialização**: a herança renunciada. 2016,

RABELLO, L. M.. **Condutividade elétrica do solo, tópicos e equipamentos**. Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009.

ROQUE, A. A.; LOIOLA, M. I. B.. Potencial de uso dos recursos vegetais em uma comunidade rural no semiárido potiguar. **Revista Caatinga**, v.26, n.4, p.88-98, 2013.

RUFINO, R. C.. **Avaliação da Qualidade Ambiental do Município de Tubarão (SC) através do uso de Indicadores Ambientais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

SEPLAN. Secretaria do Estado do Planejamento e das Finanças do Rio Grande do Norte. **Perfil do Rio Grande do Norte**. 2012

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A.. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade**, v.10, n.2, p.137-148, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2007000200009>

SILVA, V. P.. Impactos ambientais da expansão da cerâmica vermelha em Carnaúba dos Dantas–RN. **Holos**, v.23, n.3, p.96-112, 2007. DOI:

DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2007.133>

SILVA, K. B.; ARAÚJO, B. S.; LEMOS FILHO, L. C. A.; BATISTA, R. O.; COELHO, D. C. L.. Avaliação do índice de qualidade de água (IQA) em corpo hídrico no município de Assu, RN. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING. **Anais**. Fortaleza, 2014.

SILVA, D. C. S.; MEDEIROS, L. D. D.; SILVA, N.; MEDEIROS, E. W. S.. Arranjos produtivos locais: o caso das cerâmicas de barro vermelho do Vale do Açu - RN. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA REGIÃO NORDESTE. **Anais**. Campina Grande, 2011.

SILVA, M. E.; CÂNDIDO, G. A.. Análise de indicadores de sustentabilidade na problemática de resíduos sólidos em Campina Grande –PB. **Reuna**, v.17, n.1, p.91-110, 2012.

SILVA, N. C.; CÂNDIDO, G. A.. Sistema de indicadores de sustentabilidade do desenvolvimento do turismo: um estudo de caso do município de Areia – PB. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, v.10, n.3, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.7784/rbtur.v10i3.955>

SIMONI, F. J.; MOREIRA, A. P.; MAGALHÃES, J. M.; FACHINELLO, A. L.; BUSCHINELLI, C. C. A.; MATSUURA, M. I.

S. F.. Evolução e concentração da produção de lenha e carvão vegetal da silvicultura no Brasil. **Ciência Florestal**, v.27, n.2, p.731-742, 2017.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509827758>

TAVARES, S. R. L.; SANTOS, T. E.. Uso de diferentes fontes de biomassa vegetal para produção de biocombustíveis sólidos. **Holos**, v.29, n.5, p.19-27, 2013. DOI: DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2013.1850>

VAN BELLEN, H. M.. Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. **Ambiente e Sociedade**, v.7, n.1, p.67-81, 2004.

VEAL, R. J.. Charcoal and Wood Analysis. In: VARELA, S. L. **Encyclopedia of Archaeological Sciences**, v.34, p.1417-1433, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119188230.saseas0081>

VICENTE, D. N.; MELLO, F. A.; SILVA, R. C. R.. Carcinicultura brasileira: impactos e ações mitigadoras. **Colloquium Agrariae**, v.12, n.2, p.58-61, 2016.

WILSON, A.. **Produção de carvão a partir de madeira tratada utilizando o método de destilação pirolítica escalonada (Chartherm)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.