

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Júlio César Silva Aquino

**A INFLUÊNCIA DA ESTRADA DE FERRO CARAJÁS SOBRE ÍNDICES
SOCIOECONÔMICOS E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO: UMA ANÁLISE
PRELIMINAR**

Juiz de Fora

2018

Júlio César Silva Aquino

**A INFLUÊNCIA DA ESTRADA DE FERRO CARAJÁS SOBRE ÍNDICES
SOCIOECONÔMICOS E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO: UMA ANÁLISE
PRELIMINAR**

Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista. Área de concentração: Engenharia Ambiental e Sanitária

Orientador: Prof. D.Sc. Emanuel Manfred Freire Brandt
Coorientador: Prof. D.Sc. Bruno Milanez

**Juiz de Fora
2018**

Imprimir na parte inferior, no verso da folha de rosto a ficha disponível em:
<http://www.ufjf.br/biblioteca/servicos/usando-a-ficha-catalografica/>

“A INFLUÊNCIA DA ESTRADA DE FERRO CARAJÁS SOBRE ÍNDICES SOCIOECONÔMICOS E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO: UMA ANÁLISE PRELIMINAR ”

JULIO CESAR SILVA AQUINO

Trabalho Final de Curso submetido à banca examinadora constituída de acordo com o artigo 9º da Resolução CCESA 4, de 9 de abril de 2012, estabelecida pelo Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 06 de dezembro de 2018.

Por:

Prof. D.Sc. Emanuel Manfred Freire Brandt - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. D.Sc. Bruno Milanez - Coorientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. D.Sc. Otávio Eurico de Aquino Branco
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. D.Sc. Celso Bandeira de Melo Ribeiro
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo o que aconteceu na minha vida e da forma que aconteceu. A minha família por sempre acreditarem nos meus sonhos, por ter paciência perante aos problemas e as minhas ausências.

A Tia Martinha por acreditar em mim desde pequeno, ter carinho e saber me compreender, sempre com palavras justas e acolhedoras, obrigado por ter me ajudado perante a tantos desafios.

A professora Cirilene que me ajudou a aprimorar minha base de conhecimento em um momento de tanta dificuldade.

Aos orientadores, Prof. Dr. Emanuel Brandt e Prof. Dr. Bruno Milanez, pela genialidade, sábios conselhos, pela amizade e todo ensinamento transmitido ao longo da caminhada pela faculdade. Serei eternamente grato.

A todos os amigos que fiz, principalmente Fernanda, Milton, Nelson, Ramon, Victoria e Vinícius pela amizade e os momentos difíceis que me ajudaram, os levarei para o resto da vida.

A todos os professores, principalmente aos professores Otávio e Celso por aceitarem a participar da banca contribuindo para minha formação com sábios conselhos, por todo ensinamento nessa caminhada. Ser professor é ter a certeza que cada um de nós leva um pedaço de vocês. Realmente, muito obrigado a todos.

RESUMO

O Projeto Grande Carajás (PGC), elaborado pelo governo brasileiro para a extração mineral e desenvolvimento econômico da Amazônia Legal, contou com a construção da Estrada de Ferro Carajás (EFC), que teve grande influência e impactos de diversas escalas em partes das regiões Norte e Nordeste País. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho final de curso foi avaliar a influência da EFC sobre índices socioeconômicos e uso e ocupação do solo no seu entorno. De uma forma mais ampla, objetivou-se fazer um balanço dos impactos positivos e negativos da atividade mineradora para municípios na área de influência de empreendimentos associados à sua infraestrutura e logística. Foram escolhidos dois municípios (São Pedro da Água Branca e Alto Alegre do Pindaré, ambos no Estado do Maranhão) para serem avaliados quanto às mudanças no uso e ocupação do solo, bem como de variáveis socioeconômicas, considerando os anos de 2000 e 2010. Além disso, foi definido um terceiro município dentro do estado do Maranhão para atuação como grupo controle, longe da ferrovia e sem empreendimentos expressivos, de forma a anular os efeitos de outras variáveis que possam influenciar os municípios estudados. A análise socioeconômica foi feita por meio de dados secundários disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Já a avaliação do uso e da ocupação do solo foi feita através de imagens de satélite do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), utilizando-se do método da máxima verossimilhança. Como resultados, observou-se a precariedade nas condições de saneamento e educação da região estudada, má distribuição de renda, bem como a influência Estrada de Ferro Carajás (EFC) no avanço da urbanização e da agropecuária. Além disso averiguou-se a necessidade de desenvolvimento de estudos que se atentem a cobertura do solo e ao contexto político, cultural, social e econômico para o aprofundamento e avaliação dos impactos de ferrovias já existentes para o escoamento de minérios no Brasil.

Palavras-chave: mineração; ferrovia; impacto ambiental; impacto socioeconômico.

ABSTRACT

The Carajás Grande Project (PGC), prepared by the Brazilian government for mineral extraction and economic development of the Legal Amazon, was built on the Carajás Railroad (EFC), which had a significant impact on the North and Northeast. In this sense, the objective of this final course work was to evaluate the influence of the EFC on socioeconomic indexes and the use and occupation of the soil in its surroundings. More broadly, the objective was to take stock of the positive and negative impacts of mining activity on municipalities in the area of influence of enterprises associated with their infrastructure and logistics. Two municipalities (São Pedro da Água Branca and Alto Alegre do Pindaré, both in the State of Maranhão) were chosen to be evaluated for changes in land use and occupation, as well as socioeconomic variables, considering the years 2000 and 2010. In addition, a third municipality was defined within the state of Maranhão to act as a control group, away from the railroad and without significant ventures, in order to cancel out the effects of other variables that may influence the municipalities studied. Socioeconomic analysis was made using secondary data provided by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). The evaluation of land use and occupation was done through satellite images of the National Institute of Space Research (INPE), using the maximum likelihood method. As a result, the precarious conditions of sanitation and education in the region studied, poor distribution of income, and the Carajás Railroad (EFC) influence on urbanization and agricultural development were observed. In addition, it was verified the need to develop studies that focus on soil cover and the political, cultural, social and economic context for the deepening and evaluation of the impacts of existing railroads for the disposal of ores in Brazil.

Keywords: mining; railroad; environmental impact; socioeconomic impact.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma geral da metodologia utilizada para avaliar a influência EFC sobre índices socioeconômicos e uso e ocupação do solo	5
Figura 2 - Área de escoamento de minérios no estado do Maranhão.....	6
Figura 3 - Carta de localização da Estrada de Ferro Carajás e das respectivas áreas de estudo	8
Figura 4 - Fluxograma da metodologia utilizada para geração dos mapas de uso do solo	9
Figura 5 - Carta de uso e cobertura do solo da área rural de São Pedro da Água Branca atravessada pela ferrovia para os anos de 2000 e 2010	14
Figura 6 - Evolução das taxas de desmatamento na Amazônia Legal.....	15
Figura 7 - Carta de uso e cobertura do solo da área urbana de Alto Alegre do Pindaré atravessada pela ferrovia para os anos de 2000 e 2010	17
Figura 8 - Carta de Uso e cobertura do solo de todo o município de Arame, para os anos de 2000 e 2010.	19
Figura 9 - Série histórica da população total dos municípios atravessados pela ferrovia e município grupo controle	20
Figura 10 - Produto Interno Bruto (PIB) em milhões de reais com os respectivos valores correspondentes a cada setor econômico para os municípios atravessados pela ferrovia e município grupo controle	22
Figura 11 - Percentual de desempregados em área urbana e rural para os municípios atravessados pela ferrovia e município grupo controle	23
Figura 12 - Percentual de pessoas analfabetas em área urbana e rural para os municípios atravessados pela ferrovia e município grupo controle	23
Figura 13 - Número de pessoas com 25 anos ou mais segundo o grau de alfabetização em área urbana para os municípios atravessados pela ferrovia e grupo controle	24
Figura 14 - Número de pessoas com 25 anos ou mais segundo o grau de alfabetização em área rural para os municípios atravessados pela ferrovia e grupo controle.....	24

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características das bandas espectrais do satélite LandSat 5 utilizadas neste estudo e suas respectivas aplicações	10
Quadro 2 - Características Sensor LANDSAT 5.....	11
Quadro 3 - População residente urbana e rural dos municípios atravessados pela ferrovia e município grupo controle	21
Quadro 4 - Percentual de domicílios por tipo de esgotamento sanitário para os municípios atravessados pela ferrovia e município grupo controle	26
Quadro 6 - Valor do rendimento nominal médio mensal, sem desconto da inflação, dos domicílios para os municípios atravessados pela ferrovia e município grupo controle	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 METODOLOGIA	5
2.1 Área de estudo	5
2.2 Caracterização do uso do solo	9
2.3 Indicadores socioeconômicos	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	13
3.1 Uso do solo	13
3.2 Dados Socioeconômicos.....	20
4 CONCLUSÃO	29
5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	30

1 INTRODUÇÃO

A representatividade econômica da mineração no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro é, sem dúvidas, significativa; de acordo com o Governo Federal, ela representava, em 2013, aproximadamente US\$ 85 bilhões, o que correspondia a cerca de 4% do índice (BRASIL, 2013).

A demanda dos produtos minerários também vem em franca expansão no cenário global. No período entre 2003 e 2013, as importações globais de minérios saltaram de US\$ 38 bilhões para US\$ 277 bilhões. Em 2013, cinco países foram responsáveis por dois terços das exportações de minérios, tendo o Brasil ocupado segundo lugar, representando 14,3% das exportações de minério no mundo (POEMAS, 2015).

O transporte de minérios por ferrovias iniciou-se na época imperial, com o objetivo de auxiliar o escoamento de grandes quantidades até os portos. Hoje, o Brasil conta com aproximadamente 30.000 quilômetros de estradas de ferro para ao transporte de passageiros e cargas, sendo as *commodities* os principais produtos transportados. Destas, destaca-se o minério de ferro, que domina as ferrovias brasileiras, atingindo o recorde de 373,962 milhões de toneladas em exportações ao final do ano de 2016 (LUCAS, 2018).

A atividade mineradora teve um papel importante na transformação do Brasil. O aumento da extração de ouro subverteu as relações entre o preço das mercadorias e o preço dos salários, ajudando na acumulação de riqueza nas mãos de poucos, gerando ainda mais desigualdade social, que impulsionou o alargamento da área da moeda, permitindo a remuneração do trabalho assalariado a número crescente de operários, e possibilitando ainda a constituição de fundos de reserva de que necessitavam grandes empresas capitalistas (DEL RIO, 2017).

Essa atividade, no entanto, sempre correspondeu a uma forma de capitalismo dependente, subdesenvolvido e baseado na economia primitivista, ou seja, na exploração de matérias primas. Com o tempo, isso acarretou na vulnerabilidade da economia às pressões externas e às flutuações do mercado internacional, no que diz respeito ao preço da sua exploração, que levou à deterioração do mercado interior em termos de troca com países desenvolvidos (COELHO, 2014).

De acordo com Coelho (2015), o caso da mineração corresponde principalmente ao equilíbrio da balança comercial brasileira, de modo que se exporta minério de ferro, empregos e tecnologia que poderiam ser desenvolvidos no Brasil, caso que poderia assegurar a relação entre a produção, transformação e consumo, permitindo conferir outra dinâmica a cultura econômica do país.

Assim, de acordo com Brandão (2008), pode-se indagar também, a questão dos impactos locais dessa atividade. Dentre os positivos, são listados o aumento da arrecadação municipal, a relativa criação de empregos e expansão do mercado de bens e serviços locais, como comércio e hotelaria, dentre outros. Já como impactos negativos, se observa a concentração de renda, gastos com a criação de infraestrutura de estradas e ferrovias, perda de valor de propriedades vizinhas à área da jazida etc.

No que diz respeito à questão ambiental, tem-se impactos locais e regionais negativos que, por definição, se tratam de alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana. Os impactos ambientais são, portanto, resultantes de aspectos ambientais, conjunto de atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com meio ambiente (SANCHÉZ, 2008).

Pode-se destacar uma série de impactos ambientais associados à mineração como: poluição atmosférica e doenças respiratórias; contaminação, destruição e assoreamento de cursos d'água; destruição de sítios arqueológicos; remoção de biomas e desmatamento; dentre outros. Além disso, existe uma série de aspectos ambientais com grande potencial de trazer impactos negativos, tais como: utilização de água para transporte em minerodutos, drenagem e separação de minério; alteração da topografia; modificação no uso do solo (COELHO, 2015). Ainda, de acordo com Sigaud (1992), a mineração gera impactos sobre as relações sociais concretas, enfrentamentos e conflitos, efeitos esses que em geral escapam às avaliações típicas produzidas com base em manuais simplificados e simplificadores do social. Logo, surge uma preocupação que vai além do espaço físico impactado a ser analisado, sendo indispensável se atentar ao meio socioeconômico.

Uma questão importante, e muitas vezes pouco explorada, refere-se aos impactos causados pela infraestrutura e logística necessária aos empreendimentos de mineração, como é o caso das ferrovias utilizadas para escoar o minério e produtos beneficiados da mineração. Nesse sentido, as ferrovias também trazem uma série de aspectos e impactos ambientais com

capacidade de provocar alterações no meio (FERREIRA, 2016): desmatamento e alterações de comportamento dos animais silvestres, mudanças no uso do solo, risco de perda de patrimônio arqueológico e de interferência com cavernas.

De acordo com Silva e Lima (2017), muitos municípios localizados no Pará, sobretudo em Carajás, possuem grande dependência das atividades da mineração, que por sua vez monopolizam atividades da região, enxergando-se importância na necessidade de outras fontes de emprego e renda. Além disso, segundo o autor, é notória a dependência dos municípios acerca dessa monopolização de fonte de renda e responsabilização econômica e social para desenvolvimento da região, o que impacta diretamente não só fatores sociais, como também de infraestrutura e logística, que por sua vez carecem de investimentos e sofrem total dependência da atividade minerária.

São observados impactos não só na proximidade das minas, como também ao longo de todo o corredor da infraestrutura de logística para escoamento do minério, como é o caso da Estrada de Ferro Carajás (EFC), operada pela Vale S.A para transportar o minério entre as cidades de Carajás/Parauapebas (PA) e a área portuária em São Luís (MA), no porto Ponta da Madeira. Dentre esses impactos, se destacam: a forte urbanização e a drástica redução da cobertura florestal, aumento da especulação imobiliária e desenvolvimento econômico (BRANDÃO, 2008). Adicionalmente, há o crescimento acelerado da população das regiões em torno do corredor da EFC, que passou de 40.370 habitantes, na década de 1970, para 129.115, na década de 1980; 245.593 na década de 1990 e para 377.533 em 2000 (COELHO *et al.*, 2006).

De acordo com Moura e Olivier (2009), a Avaliação dos Impactos Ambientais (AIA) pode ser feita por diferentes métodos, os quais tem o objetivo de identificar, avaliar e sintetizar os impactos de um projeto ou programa. A utilização destes métodos, no entanto, mostra-se limitada pela própria dificuldade de prever a evolução de sistemas que são tão complexos quanto os ecossistemas.

A metodologia de AIA são meios estruturados para comparar, organizar e analisar informações sobre esses impactos originados de qualquer atividade, incluindo as formas de apresentação escrita e visual dessas informações. Entretanto, face à diversidade de métodos de AIA, é preciso que se tenha uma seleção criteriosa e adaptações, para que esses métodos de avaliação sejam realmente úteis na tomada de decisão dos projetos. As metodologias mais

aplicadas para a AIA são: métodos espontâneos (*ad hoc*), listagens (*check-list*), matrizes de interações e redes de interações (*networks*), além de outros métodos quantitativos, de simulação, mapas de superposição (*overlays*) e projeção de cenários (COSTA *et al.*, 2005).

Logo para realizar a AIA, é importante seguir uma metodologia embasada que leve em conta o fator ou parâmetro ambiental (clima, geologia, fisiografia, hidrologia, pedologia, vegetação, vida silvestre, uso do solo etc.) com suas respectivas legislações vigentes e peculiaridades. O método a ser utilizado deve ser flexível, alterado de acordo com a necessidade e revisado constantemente (CREMONEZ *et al.*, 2014), sendo esse último aspecto pouco explorado no Brasil. Ou seja, após a implantação de empreendimentos, pouco se faz em relação à revisão/reavaliação dos impactos previstos durante o licenciamento ambiental.

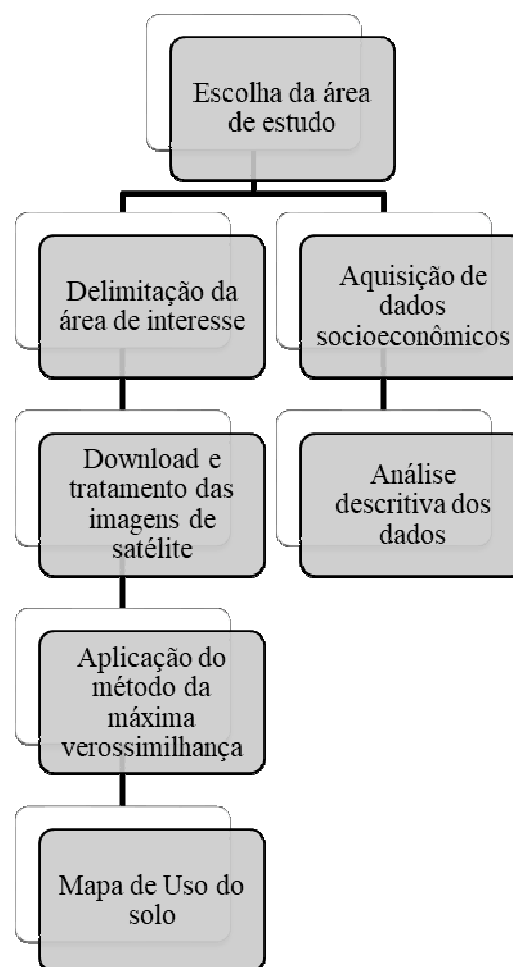
Com isso, surge a necessidade, pouco explorada, de indicadores e formas de avaliar os impactos das ferrovias já implantadas sobre as áreas vizinhas e dar transparência aos problemas enfrentados pelas comunidades locais, bem como avaliar se esses impactos têm sido levados em conta nas tomadas de decisão do setor minerário, ferroviário e do Estado. Logo, este estudo objetivou suprir esse déficit, propondo uma metodologia que possa servir de base para futuras análises e dar visibilidade à situação de áreas indiretamente afetadas pela mineração, considerando-se a infraestrutura logística necessária.

O objetivo deste trabalho foi, portanto, avaliar a influência da EFC sobre índices socioeconômicos e uso e ocupação do solo no seu entorno. De uma forma mais ampla, objetivou-se fazer um balanço dos impactos positivos e negativos da atividade mineradora para municípios na área de influência de empreendimentos associados a sua infraestrutura e logística.

2 METODOLOGIA

A Figura 1 ilustra o fluxograma geral da metodologia utilizada para avaliar a influência EFC sobre índices socioeconômicos e uso e ocupação do solo. Os itens subsequentes trazem maiores detalhes sobre a área de estudo e sobre as metodologias empregadas para manipulação de dados socioeconômicos e imagens de satélite.

Figura 1 - Fluxograma geral da metodologia utilizada para avaliar a influência EFC sobre índices socioeconômicos e uso e ocupação do solo



Fonte: AUTOR, 2018.

2.1 Área de estudo

Com objetivo de fazer uso da exploração econômica dos recursos minerais presentes em Carajás, o governo brasileiro elaborou o Projeto Grande Carajás (PGC). A ideia era desenvolver economicamente parte da Amazônia Legal, que abrange os estados do Pará, Maranhão e Tocantins (VERDE, 2009). O PGC foi, na verdade, a junção de alguns programas

para desenvolvimento do espaço que atualmente configura o arco do desmatamento na Amazônia Legal, sendo o principal o Projeto Ferro Carajás (PFC), que inclui a Estrada de Ferro Carajás (EFC), a Hidrelétrica de Tucuruí, o Projeto Trombetas e a Alunorte (LAMOSO, 2001). A consolidação do PFC teve como principal exigência a construção de um sistema integrado mina-ferrovia-porto no sudeste paraense (VALE, 2008).

A Estrada de Ferro Carajás (EFC) é uma ferrovia brasileira operada pela Vale S.A, que conforme ilustrado pela Figura 2, liga as cidades de Carajás e Parauapebas (PA) a área portuária em São Luís (MA), porto Ponta da Madeira, que se tornou em 2012 o maior porto do país, com capacidade de escoar 150 milhões de toneladas de carga ano de minérios e grãos (VALE, 2011).

Figura 2 - Área de escoamento de minérios no estado do Maranhão



Fonte: OLIVEIRA, 2007.

Conforme dados disponibilizados pela empresa Vale (2008) os primeiros 15 km de seus trilhos foram instalados em agosto de 1982, com início dos estudos para implantação e projeto em 1974. No entanto, a inauguração oficial só ocorreu 11 anos depois, no dia 28 de fevereiro de 1985. Em março de 1986, chegaram os primeiros passageiros. Além disso, os trens da ferrovia passaram a fazer o transporte de grãos e, no mesmo ano, os produtos derivados de petróleo entraram para a lista de materiais transportados pelas composições.

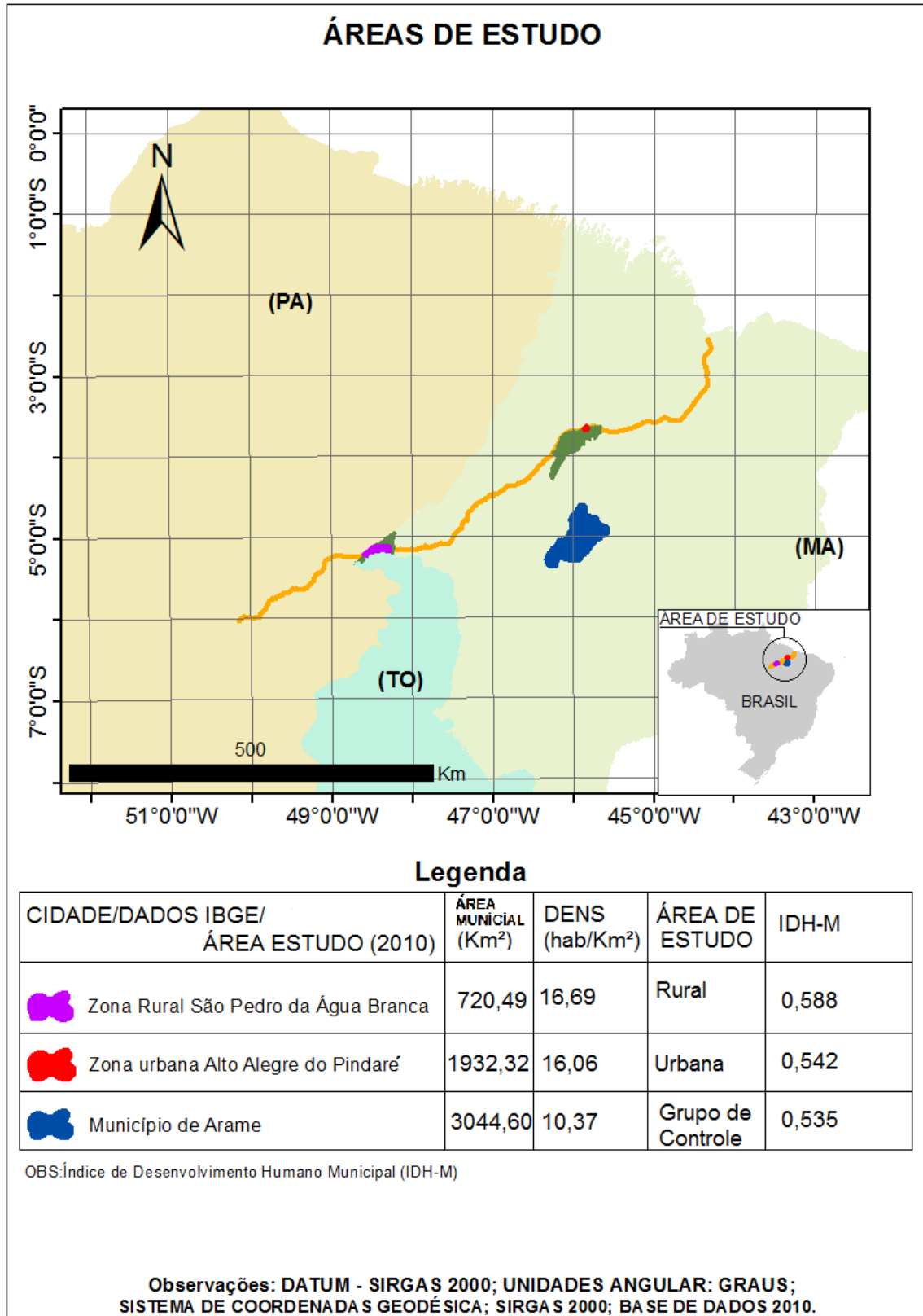
Hoje, os trens carregam grânéis sólidos (soja e outros grãos), líquidos (combustíveis e fertilizantes, entre outros), além do minério de ferro. A EFC está ainda interligada com outras duas ferrovias: a Companhia Ferroviária do Nordeste (CFN) e a Ferrovia Norte-Sul. A primeira atravessa sete estados da região Nordeste. Já a segunda corta os estados de Goiás, Tocantins e Maranhão, facilitando a exportação de grãos produzidos no norte do estado do Tocantins pelo Porto de Ponta da Madeira, conforme citado anteriormente, no Maranhão.

Dentro desse contexto, neste trabalho foram escolhidos dois municípios (São Pedro da Água Branca e Alto Alegre do Pindaré, ambos no Estado do Maranhão) para serem avaliados quanto às mudanças no uso e ocupação do solo, bem como de variáveis socioeconômicas. Para essa escolha foi levado em conta: ter estação ferroviária, ter linha férrea passando dentro da malha urbana em um dos municípios e somente na área rural no outro município, densidade demográfica, não ter outros tipos de empreendimentos expressivos e estar afastado da área de mineração.

Além disso, foi definido um terceiro município também dentro do estado do Maranhão para atuação como grupo controle, longe da ferrovia e sem empreendimentos expressivos, já que o uso do solo e índices socioeconômicos podem ser afetados por outros fatores além do avaliado (existência da ferrovia), de forma a anular o efeito dessas outras variáveis sobre os efeitos avaliados nos municípios de São Pedro da Água Branca e Alto Alegre do Pindaré.

Na Figura 3 é apresentada uma carta de toda a ferrovia, com os três municípios analisados e as respectivas zonas definidas para este estudo: rural (do município de São Pedro da Água Branca), urbana (município de Alto Alegre do Pindaré) e grupo controle (município de Arame). A fim de facilitar a discussão que segue, deste ponto em diante os municípios também serão referenciados pelas letras “R”, “U” e “C” em referência aos objetivos de sua escolha: respectivamente, ferrovia atravessando área rural; ferrovia atravessando área urbana; grupo controle.

Figura 3 - Carta de localização da Estrada de Ferro Carajás e das respectivas áreas de estudo



Fonte: AUTOR, 2018.

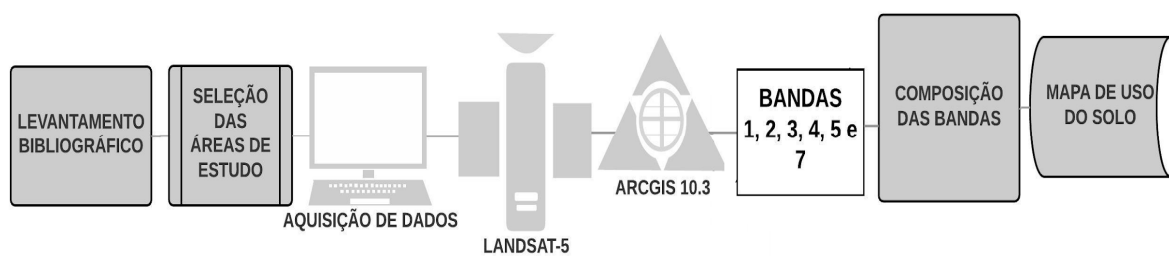
2.2 Caracterização do uso do solo

O mapeamento do uso e ocupação do solo foi realizado através do geoprocessamento de dados e imagens de sensoriamento remoto. Silva *et al.* (1998) definem o geoprocessamento como um conjunto de procedimentos computacionais, que operando sobre bases de dados geocodificados, executam análises, reformulações e síntese sobre os dados ambientais, tornando-os utilizáveis em um sistema de processamento automático integrado ao banco de dados. Já o sensoriamento remoto é conceituado por Asrar (1989) como a aquisição de informações e/ou estado de um alvo por um sensor, sem estar em contato físico com ele.

A partir dos dados obtidos pelo sensoriamento remoto, torna-se necessário distinguir e identificar as informações existentes sobre a superfície. Esse procedimento é efetuado através do método de classificação digital, que segundo Dutra (1981), é constituído basicamente por um alvo, um sistema sensor ou receptor, um sistema e/ou seletor de canais e um algoritmo classificador. Nesse contexto, decidiu-se trabalhar com a classificação digital supervisionada pelo método de máxima verossimilhança, na qual o algoritmo de classificação consiste num princípio estatístico paramétrico, considerando as classes envolvidas como uma função densidade de probabilidade gaussiana (PEREIRA, 1995).

A avaliação do uso e ocupação do solo nas áreas selecionadas nos municípios foi realizada para o ano de 2010 a fim de se delimitar a área de estudo, uma vez que em termos de geoprocessamento dos dados, os setores do ano de 2000 apresentaram inconsistência de geolocalização. A análise foi pelo método da verossimilhança, através do geoprocessamento das imagens de satélite obtidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para os anos de 2000 e 2010 do satélite LandSat 5.

Figura 4 - Fluxograma da metodologia utilizada para geração dos mapas de uso do solo



Fonte: AUTOR, 2018.

O processo realizado se iniciou com a revisão bibliográfica, seguido pela escolha da área de influência, aquisição de base de dados georreferenciados para essa e obtenção das imagens de satélite no portal do INPE, no qual foram escolhidas as melhores imagens com o menor percentual de nuvens.

Posteriormente, foi realizada a composição das bandas, com resolução espacial de 30m do satélite e correção geométrica das imagens (pois aquelas oriundas dos sensores do Landsat 5 apresentaram erro de georreferenciamento). Os Quadros 1 e 2, elaboradas por Holler (2009) em seus estudos “Embrapa Monitoramento por Satélite Gestão Territorial Estratégica”, serviram como base para escolha dos sensores e bandas espectrais deste trabalho. O Quadro 1 mostra as características das bandas espectrais utilizadas.

Quadro 1 – Características das bandas espectrais do satélite LandSat 5 utilizadas neste estudo e suas respectivas aplicações

Banda	Faixa Espectral (µm)	Principais Aplicações
1	0,45 - 0,52	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos
2	0,52 - 0,60	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade
3	0,63 - 0,69	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas)
4	0,76 - 0,90	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água
5	1,55 - 1,75	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico
7	2,08 - 2,35	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia

Fonte: HOLLER, 2009.

No Quadro 1 observa-se a ampla aplicação das bandas através da faixa espectral, principalmente para diferenciação entre solo, vegetação e corpos d'água, ilustrando o quão

variada pode ser a classificação do solo através das imagens obtidas. Assim, a escolha das bandas buscou abranger ao máximo qualquer diferenciação no uso do solo.

Quadro 2 - Características Sensor LANDSAT 5

Bandas espectrais	Banda 1 - Azul (0,45 - 0,52 μm) Banda 2 - Verde (0,52 - 0,60 μm) Banda 3 - Vermelho (0,63 - 0,69 μm) Banda 4 - Infravermelho próximo (0,76 - 0,90 μm) Banda 5 - Infravermelho médio (1,55 - 1,75 μm) Banda 6 - Infravermelho termal (10,40 - 12,50 μm) Banda 7 - Infravermelho médio (2,08 - 2,35 μm)
Resolução espacial	Bandas 1-5 e 7: 30 metros Bandas 6: 80 metros
Largura da faixa imageada	185 quilômetros
Resolução temporal	16 dias

Fonte: HOLLER, 2009.

No Quadro 2 são apresentadas as características e propriedade do sensor que foi utilizado neste estudo, justificando a sua escolha a partir da disponibilidade de imagens para o ano de 2000, buscando utilizar o mesmo sensor no ano de 2010 para poder realizar a comparação com maior facilidade.

A área de interesse foi delimitada através do software ArcGis utilizando a ferramenta *extract by mask*. Posteriormente foi feita a classificação utilizando o método de máxima verossimilhança conforme citado anteriormente. *A priori*, o arquivo matricial (*raster*) gerado no processo de classificação foi convertido em vetorial (*shapefile*), para que então fosse quantificada a área de cada região. Por fim, foi gerado *layout* dos produtos final, denominados mapas de uso e ocupação do solo.

2.3 Indicadores socioeconômicos

A análise das variáveis socioeconômicas foi aplicada somente às áreas rural de São Pedro da Água Branca e urbana de Alto Alegre do Pindaré. Já no caso de Arame (C), a análise foi aplicada a todo município, distinguindo as variáveis entre áreas urbana e rural. As variáveis socioeconômicas foram extraídas do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), correspondendo aos dados de amostra para os anos de 2000 e 2010.

Para a seleção das variáveis socioeconômicas, buscaram-se dados de amostras que representassem a situação do saneamento (e por consequência da saúde), de renda, da educação e o crescimento populacional. Posto isso, as seguintes variáveis socioeconômicas foram selecionadas:

- Tamanho populacional: População residente, por sexo e situação do domicílio (Quadro 202 do IBGE para os anos 2000 e 2010)
- Educação: Pessoas de 25 anos ou mais de idade, residentes em domicílios particulares, por nível de instrução, segundo a situação do domicílio, o sexo e a condição no domicílio e o compartilhamento da responsabilidade pelo domicílio (Quadro 2981 do IBGE para o ano 2000 e 3541 para o ano 2010)
- Saneamento / esgotamento sanitário: Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação do domicílio, densidade de moradores por dormitório e existência de banheiro ou sanitário e tipo de esgotamento sanitário (Quadro 2421 do IBGE para o ano 2000 e 1394 para o ano 2010).
- Renda: Domicílios particulares permanentes, com rendimento domiciliar, valor do rendimento nominal médio mensal e valor do rendimento nominal mediano mensal dos domicílios particulares permanentes, com rendimento domiciliar, por situação do domicílio (Quadro 2426 do IBGE para os anos 2000 e 2010)

Além disso, foi realizada uma busca no sistema DATASUS, departamento de informática do Sistema Único de Saúde (SUS). Essa busca compreendeu o levantamento de dados mais completos entre 2000 e 2010 em termos de séries históricas para crescimento populacional, taxas de desemprego e de analfabetismo e Produto Interno Bruto (PIB) para cada setor econômico. Esses dados são utilizados pelo Tribunal de Contas da União (TCU) para determinação das cotas do Fundo de Participação dos Municípios (FPM), a fim de avaliar a expansão e padrão dos municípios, que são baseados em dados do IBGE em parceria com os

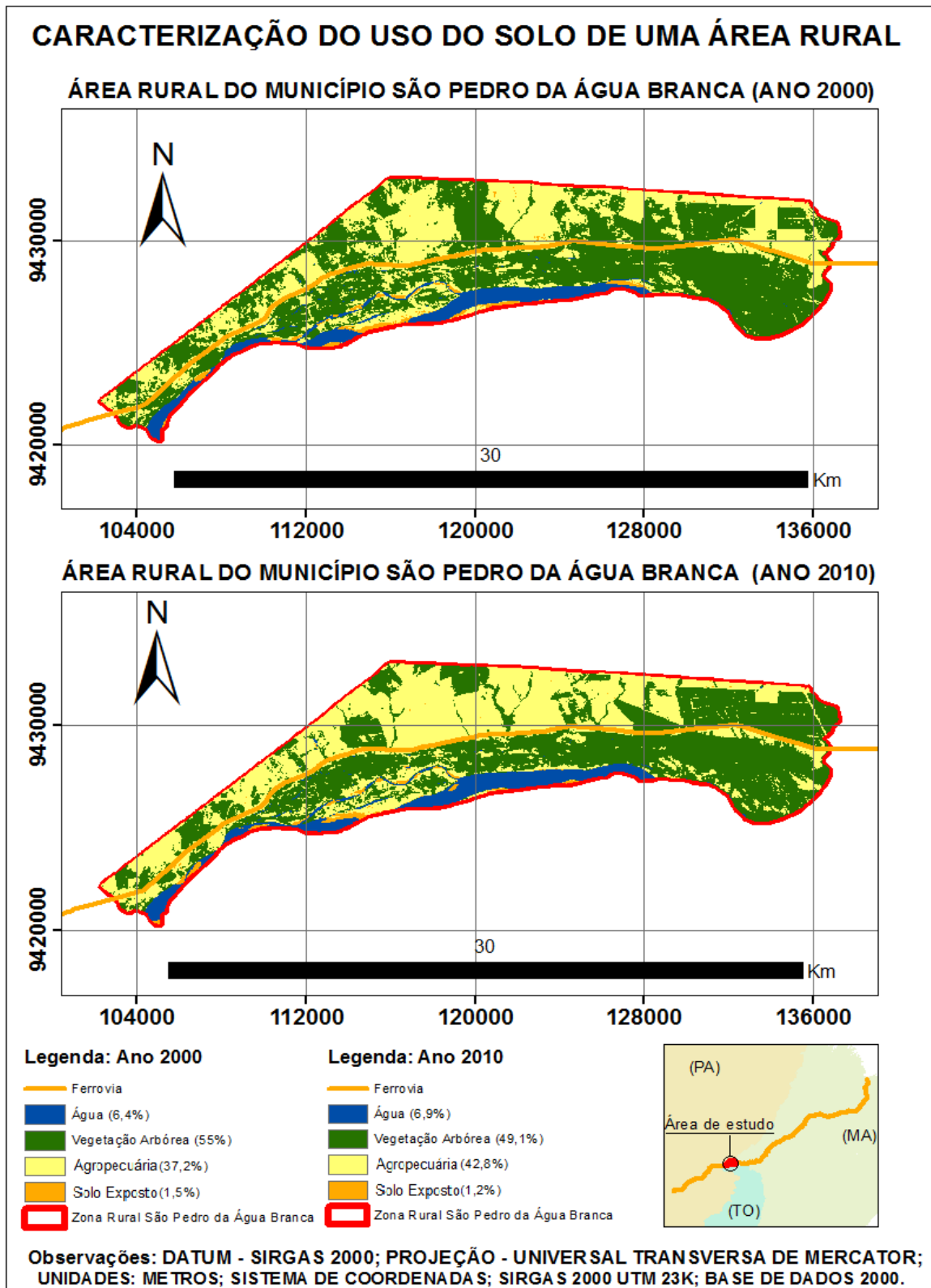
Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus - SUFRAMA.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Uso do solo

Na Figura 5 é apresentada a Carta de Uso e Cobertura do Solo da região de São Pedro da Água Branca (R), atravessada pela ferrovia, conferindo, assim, destaque para os setores de origem rural, combinada em série histórica para os anos de 2000 e 2010.

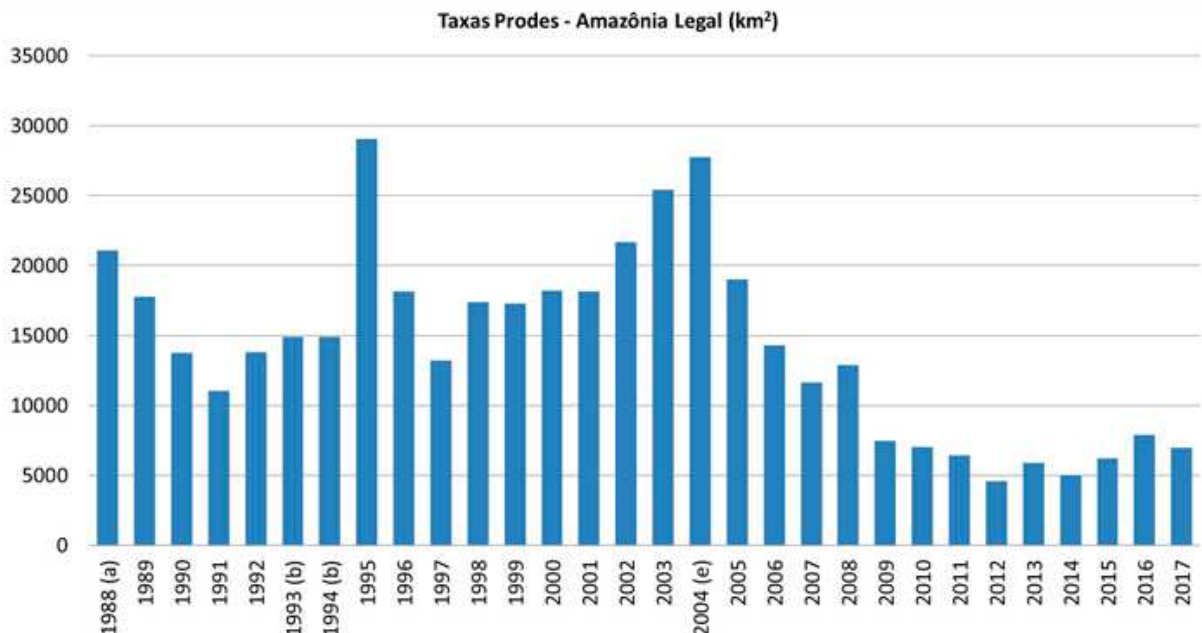
Figura 5 - Carta de uso e cobertura do solo da área rural de São Pedro da Água Branca atravessada pela ferrovia para os anos de 2000 e 2010



Na análise realizada, foi constatado o aumento da área agrícola de 37,2 % para 42,8%, que ocorreu predominantemente ao longo da ferrovia, impulsionado por essa em função da ocupação de áreas anteriormente não ocupadas, ou possivelmente pela facilidade de transporte e escoamento de mercadorias próximo a ferrovia. Vale destacar que na região leste do mapa foi observada uma mudança incomum para a região Norte do País, a alteração de uma área anteriormente ocupada pela agropecuária para vegetação arbórea. Essa observação pode ser explicada pelas limitações do método da máxima verossimilhança, que pode ter atribuído, na classificação, atributos de vegetação arbórea a uma cultura agrícola com tonalidade semelhante à essa vegetação.

Observa-se que os dados disponibilizados pelo IBGE mostram que a área plantada ou destinada à colheita diminuiu de 1274 para 144 hectares do ano de 2000 para 2010, porém a pecuária, número de bovinos aumentou de 16006 para 21755 cabeças (IBGE, 2010). Além disso, essa expansão de forma geral na agropecuária tem como consequência indesejada o desmatamento como ilustrado na Figura 6 que retrata o desmatamento na à Amazônia Legal, que, por sua vez, traz grande impacto sobre a biodiversidade (JÚNIOR, 2011).

Figura 6 - Evolução das taxas de desmatamento na Amazônia Legal



Fonte: INPE, 2017.

As mensurações do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), provenientes do Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (PRODES) mostram que cerca de 18% das florestas na Amazônia Legal foram removidas. (PRODES, 2010).

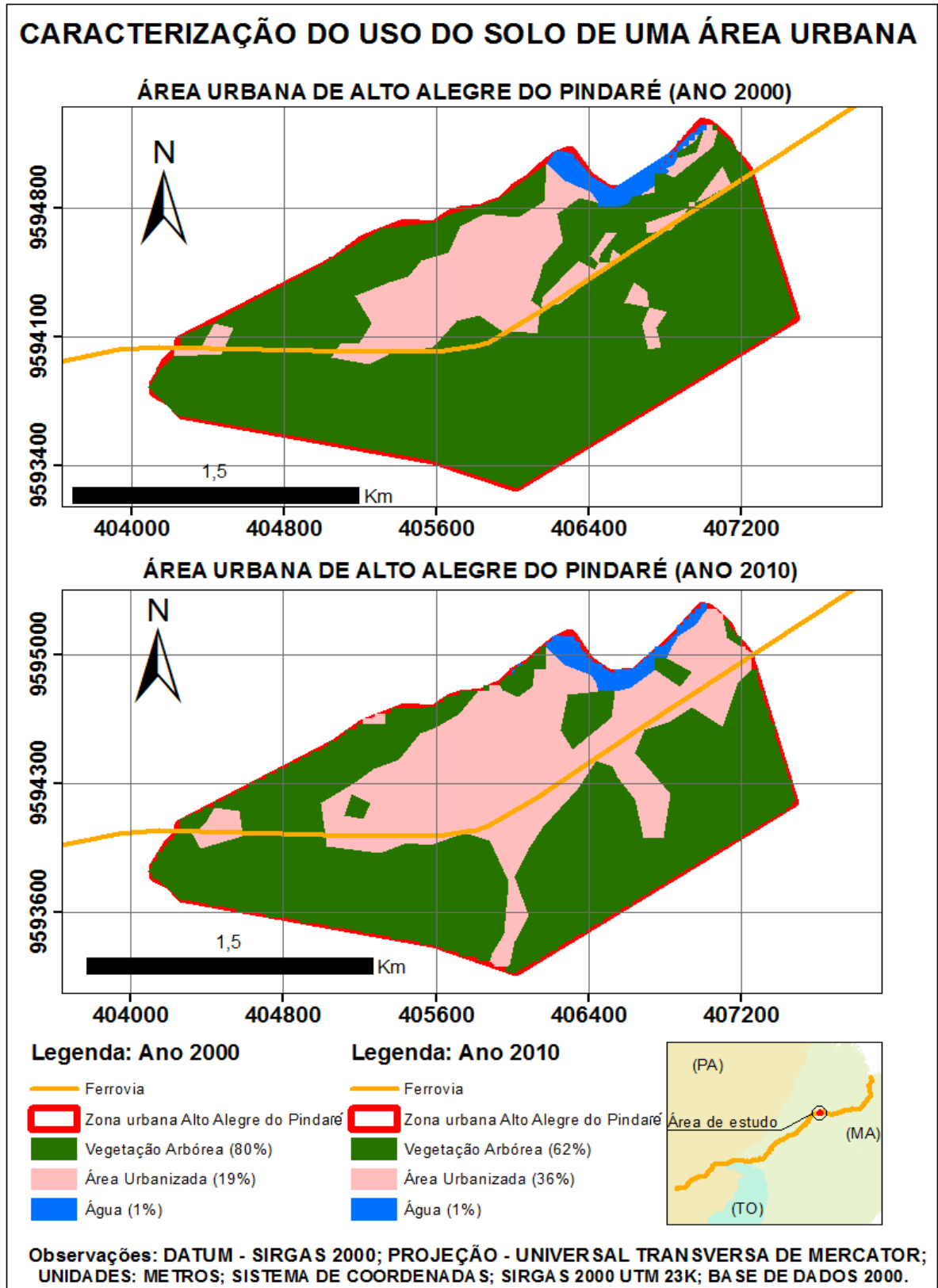
Esse percentual se concentra especialmente numa área denominada Arco do Desflorestamento (ou Arco de Povoamento Adensado), que se estende desde o oeste do Estado do Maranhão, passando por Tocantins, parte do Pará e do Mato Grosso, todo o Estado de Rondônia, o sul do Amazonas e chegando ao Acre (BRASIL, 2009).

De acordo com o Código Florestal, a região delimitada pela Amazônia Legal apresenta regras mais restritivas quanto à utilização do imóvel rural, uma vez que estes imóveis têm obrigatoriedade de manter 80% da área como de reserva legal no Bioma Amazônia e 35% no bioma Cerrado, enquanto que aqueles imóveis localizados fora dos limites da Amazônia Legal têm necessidade de conservar apenas 20% do imóvel como reserva (BRASIL, 2012)

Os municípios que compõem o Arco do Desflorestamento, incluindo os pertencentes à área de estudo deste trabalho (São Pedro da Água Branca, Alto Alegre do Pindaré e Arame) fazem parte da Amazônia Legal. De acordo com o Grupo Permanente de Trabalho Interinstitucional, essas regiões apresentam um histórico de profunda alteração da paisagem natural, com extensas áreas de florestas convertidas em uso alternativo do solo (pastagens, agroindústrias, mineradoras e madeireiras). A intensificação do uso e mudança de uso do solo tem ocasionado altas taxas de desmatamento e queimadas, com expressiva perda de biodiversidade, emissões de gases de efeito estufa e diminuição de territórios de populações tradicionais (BRASIL, 2011).

Já a Figura 7 representa as cartas de uso e cobertura do solo da zona urbana Alto Alegre do Pindaré (U), compreendendo os anos de 2000 e 2010.

Figura 7 - Carta de uso e cobertura do solo da área urbana de Alto Alegre do Pindaré atravessada pela ferrovia para os anos de 2000 e 2010



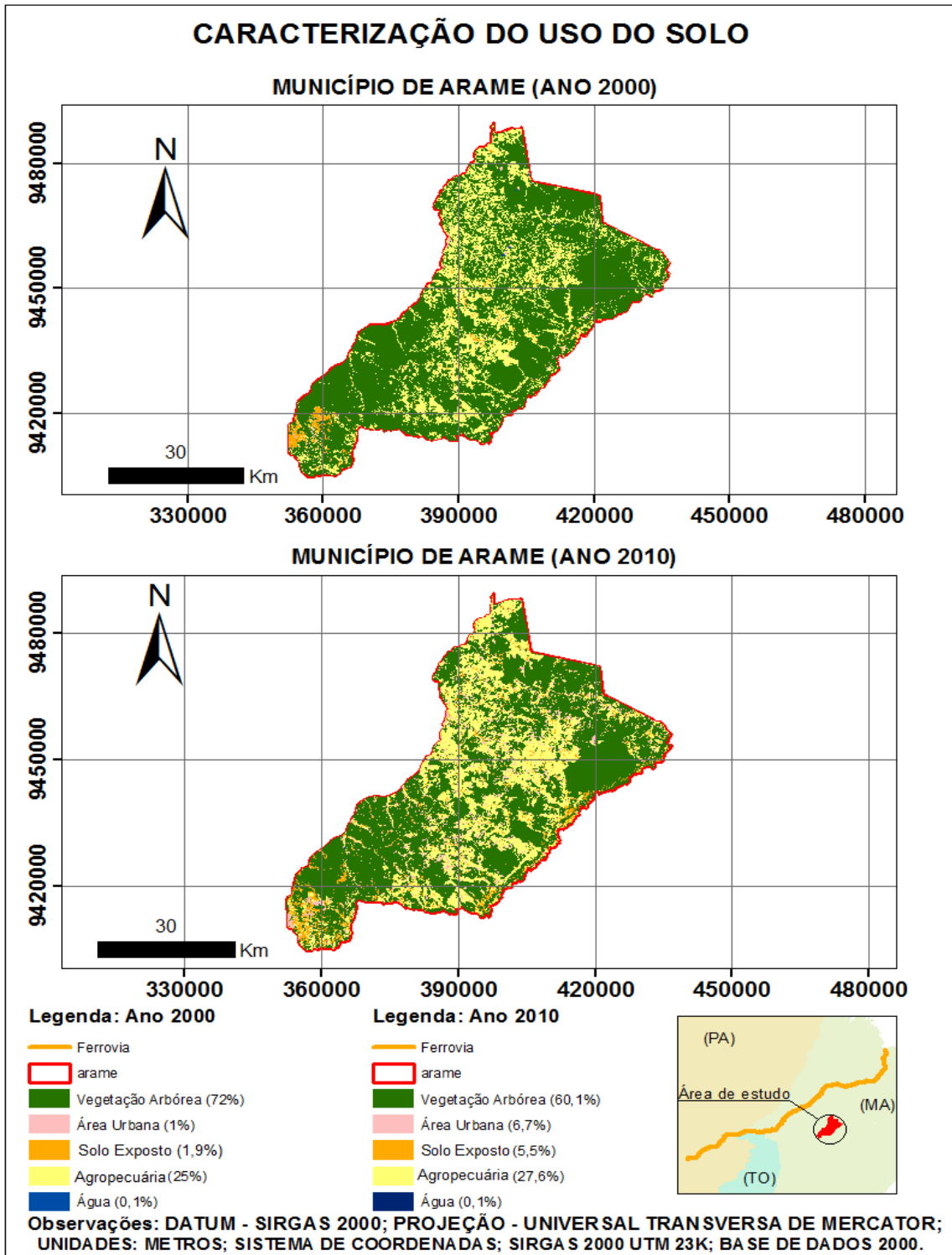
Fonte: AUTOR, 2018.

Apesar de trazer divisas para os estados do Pará e do Maranhão, o projeto Carajás causou uma série de impactos ambientais, não só na proximidade das minas, como também ao longo de todo o corredor da ferrovia. A forte urbanização e a drástica redução da floresta original podem ser associadas aos impactos decorrentes da construção da ferrovia. O PFC transformou também a estrutura socioespacial anteriormente vigente. Um dos indícios desta transformação foi o aumento da especulação imobiliária (BRANDÃO, 2008).

Destaca-se, na Figura 7, o aumento expressivo da área urbana de 19% para 36%, quase 100% de avanço, que também ocorreu ao longo da ferrovia, apontando assim uma possível interferência da EFC. Contudo, vale destacar a existência de um curso d'água nessa mesma área, o que também pode ter influenciado o eixo de expansão urbana. Isso pode ser justificado, dentre outros fatores, pela migração de pessoas para o eixo urbano devido à estação ferroviária, geração de empregos e intensificação do comércio. Como ilustrado na Quadro 3 no item 3.2, nesse município ocorreu um aumento de 24% da população na zona urbana entre 2000 e 2010.

Na Figura 8 é apresentada a Carta de Uso e Cobertura do solo de todo município de Arame (C) para os anos de 2000 e 2010, situada fora da área de influência da estrada de ferro.

Figura 8 - Carta de Uso e cobertura do solo de todo o município de Arame, para os anos de 2000 e 2010.



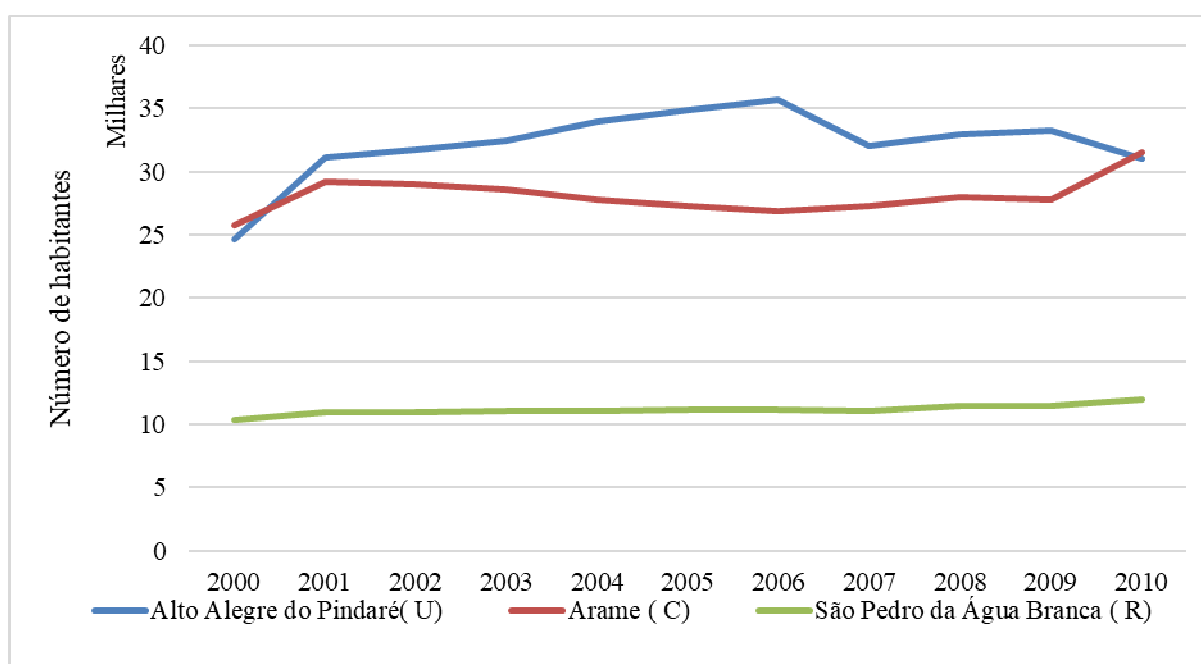
Fonte: AUTOR, 2018.

Nesse grupo controle, foi observado que o aumento da área urbana do município ocorreu em grandes percentuais, de 1% para 6,7%, de forma ainda muito maior do que ocorreu em Alto Alegre do Pindaré (U), ressaltando que foi utilizada toda a área do município para análise, podendo esse crescimento estar associado a algo específico não identificado. A área de agropecuária, porém, teve aumento menos expressivo, de 25% para 27,6%; nota-se, assim, que São Pedro da Água Branca (R) de fato sofreu os efeitos da ferrovia no desenvolvimento de sua ocupação rural. Ainda, de acordo com Grupo Permanente de Trabalho Interinstitucional (2011), o território de Arame se encontra entre os municípios com maior área absoluta com projetos de assentamento federais no Maranhão, além de apresentar a maior área de desmatamento no bioma Amazônico, no período entre 2002 e 2009. Por fim, ressalta-se que a extração mineral e o transporte de minérios podem apresentar efeitos pontuais sobre o uso do solo, como constatado neste trabalho, mas altera o fluxo padrão da região, concentrando a ocupação no seu entorno.

3.2 Dados Socioeconômicos

A Figura 9 ilustra a série histórica da totalidade populacional dos municípios em estudo entre os anos de 2000 e 2010. Já a Quadro 3 estratifica esse total entre população rural e urbana dos municípios, de acordo com o censo demográfico IBGE de 2000 e de 2010.

Figura 9 - Série histórica da população total dos municípios atravessados pela ferrovia e município grupo controle



Fonte: SUS, 2010.

Quadro 3 - População residente urbana e rural dos municípios atravessados pela ferrovia e município grupo controle

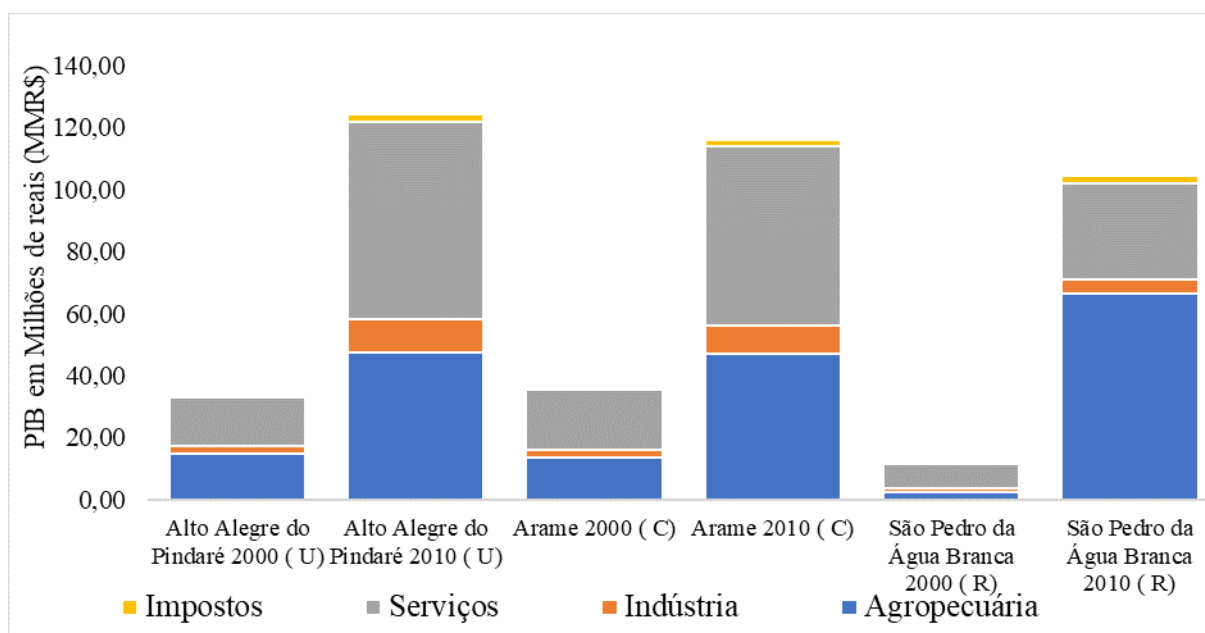
Município	Situação do domicílio	Número de habitantes em 2000	Número de habitantes em 2010	Percentual de crescimento (%)
Alto Alegre do Pindaré (U)	Urbana	7909	9829	19,53
	Rural	22268	21228	-4,90
Arame (C)	Urbana	11461	12551	8,68
	Rural	18382	19151	4,02
São Pedro da Água Branca (R)	Urbana	9459	10712	11,70
	Rural	1468	1316	-11,55

Fonte: IBGE (2000, 2010).

Conforme indicado pela Figura 8 e pelo Quadro 3 percebe-se que esse aumento está associado ao crescimento urbano, uma vez que na área urbana foi observada maior população residente no ano de 2010 em relação a 2000, e também decréscimo da população para a área rural. Esse efeito também foi constatado no uso do solo, que ilustrou o avanço da urbanização ao longo da ferrovia para essa região. É importante visualizar a concentração de terras já que enquanto a população rural diminuiu, a área agropecuária do município aumentou. Observa-se também que, enquanto no grupo controle (Arame) houve crescimento populacional, tanto nas áreas urbanas quanto rural, em Alto Alegre do Pindaré (U) houve crescimento urbano e decréscimo da população residente em área rural. O mesmo foi observado em São Pedro da Água Branca (R) (decrécimo da população rural de crescimento da população urbana), indicando uma possível migração da população para área urbana do município.

A Figura 10, a seguir, apresenta o comportamento do Produto Interno Bruto (PIB) municipal com os respectivos valores correspondentes a cada setor econômico para os anos de 2000 e 2010.

Figura 10 - Produto Interno Bruto (PIB) em milhões de reais com os respectivos valores correspondentes a cada setor econômico para os municípios atravessados pela ferrovia e município grupo controle

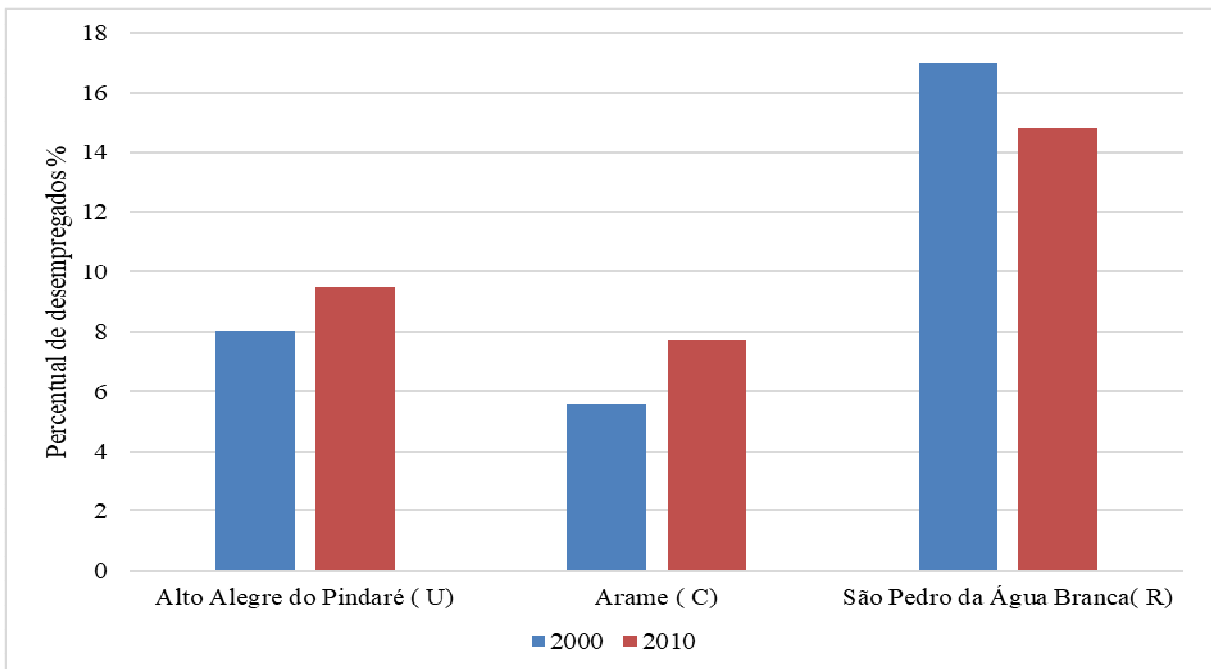


Fonte: SUS, 2010.

Observa-se na Figura 10 as diferenças no PIB dos dois municípios atravessados pela ferrovia em relação ao grupo controle, município de Arame (C). No município de Alto Alegre do Pindaré (U) houve aumento associado a todos setores econômicos do ano de 2000 para 2010, mas com destaque para o PIB referente a serviços, que variou de R\$ 15.600 em 2000 a R\$ 63.807 em 2010. O fato da estrada de ferro atravessar a zona urbana do município pode estar associado à intensificação do setor de serviços, como constatado também pelo aumento da área antropizada ao longo da ferrovia. Entretanto parece haver maior equilíbrio entre agropecuária e serviços em Arame (C) do que em Alto Alegre do Pindaré (U). De forma semelhante, há uma maior participação da agropecuária do que do serviço em São Pedro da Água Branca (R) fato esse previamente constatado pelo uso do solo, avanço da área agrícola e principalmente da pecuária ao longo da ferrovia.

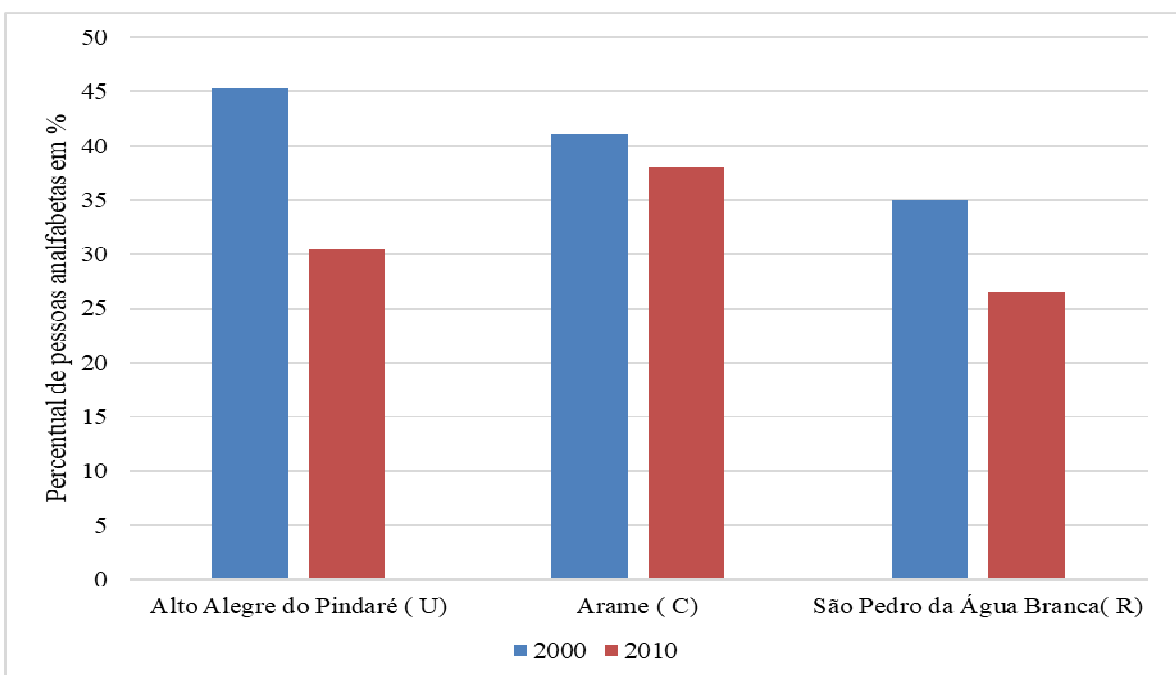
As Figuras 11 e 12 ilustram os percentuais de desempregados e de analfabetos e as Figuras 13 e 14 a educação por níveis de ensino das áreas urbanas e rurais de estudo, respectivamente.

Figura 11 - Percentual de desempregados em área urbana e rural para os municípios atravessados pela ferrovia e município grupo controle



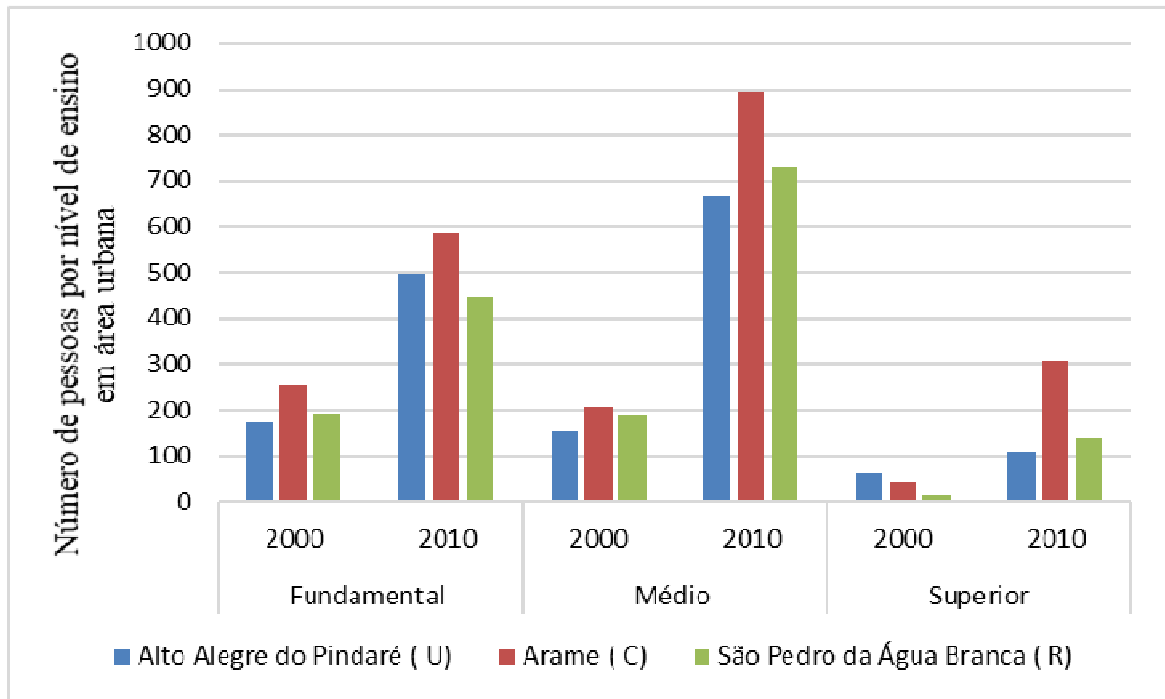
Fonte: IBGE (2000, 2010).

Figura 12 - Percentual de pessoas analfabetas em área urbana e rural para os municípios atravessados pela ferrovia e município grupo controle



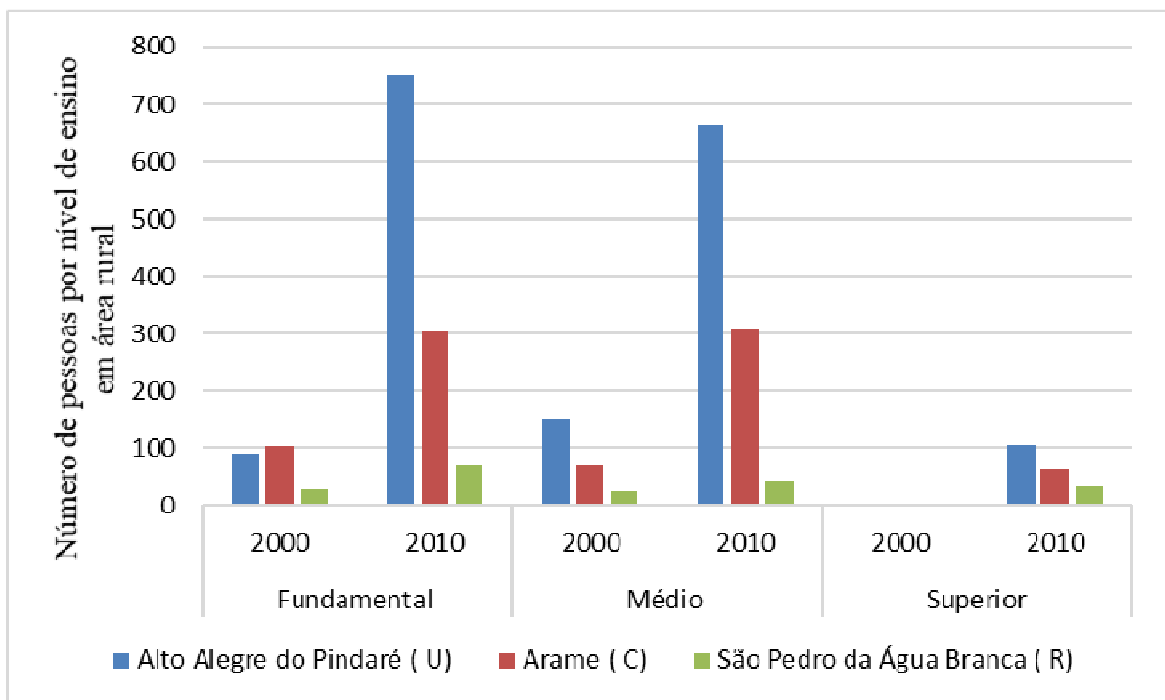
Fonte: IBGE (2000, 2010).

Figura 13 - Número de pessoas com 25 anos ou mais segundo o grau de alfabetização em área urbana para os municípios atravessados pela ferrovia e grupo controle



Fonte: IBGE (2000, 2010).

Figura 14 - Número de pessoas com 25 anos ou mais segundo o grau de alfabetização em área rural para os municípios atravessados pela ferrovia e grupo controle



Fonte: IBGE (2000, 2010).

Na Figura 11, apesar de não serem observadas grandes diferenças nos valores do ano 2000 para 2010, é importante notar que de a taxa de desemprego aumentou nos municípios de Alto Alegre do Pindaré (U) e Arame (C), fato que implica de forma ruim diretamente na qualidade de vida, mas ao mesmo tempo pela Figura 12 tem-se que a taxa de analfabetismo diminuiu, o que indica melhorias na educação. No caso, do município de São Pedro da Água Branca (R), observou-se uma redução na porcentagem de desempregados, embora o índice de desemprego de acordo com IBGE (2010) ainda seja muito alto para os padrões maranhenses à época (7,62 % em 2000 e 7,40% em 2010). A redução no número de desempregados no Município de São Pedro da Água Branca (R) pode ser explicada pelo expressivo aumento no PIB deste município em comparação com os demais.

No entanto ao analisar as Figuras 13 e 14, sobre níveis de instrução, é interessante pontuar que, para o município de Alto Alegre do Pindaré (U), como observado nos mapas de uso do solo, a maior urbanização não foi acompanhada pelo desenvolvimento do ensino, já que se observou um baixo crescimento de pessoas no ensino médio para área urbana, bem como do ensino superior. Lembrando que a queda do nível de ensino no ambiente rural provavelmente está associada a migração populacional para o ambiente urbano.

O Quadro 4 detalha o número de municípios, entre 2000 e 2010, abrangidos por rede geral de esgoto e/ou fossa séptica.

Quadro 4 - Percentual de domicílios por tipo de esgotamento sanitário para os municípios atravessados pela ferrovia e município grupo controle

Município	Existência e tipo de esgotamento sanitário	2000		2010	
		Urbana	Rural	Urbana	Rural
Alto Alegre do Pindaré (U)	Rede de coleta ou pluvial e fossa séptica	5,70%	1,50%	14,20%	7,20%
	Outro escoadouro de esgotamento	68,60%	36,20%	80,00%	70,70%
	Não tinham banheiro ou sanitário	25,70%	62,30%	5,80%	22,10%
Arame (C)	Rede de coleta ou pluvial e fossa séptica	26,20%	0,90%	24,60%	5,40%
	Outro escoadouro de esgotamento	26,30%	9,10%	65,10%	32,70%
	Não tinham banheiro ou sanitário	47,50%	90,00%	10,30%	61,90%
São Pedro da Água Branca (R)	Rede de coleta ou pluvial e fossa séptica	23,80%	3,50%	4,50%	0,70%
	Outro escoadouro de esgotamento	68,90%	14,10%	90,10%	63,20%
	Não tinham banheiro ou sanitário	7,30%	82,40%	5,40%	36,10%

Fonte: IBGE (2000, 2010).

Os números do Quadro 4 detalham o percentual de domicílios por tipo de esgotamento sanitário para os municípios da área de estudo. Foi observado nesse que, no município de Arame (C), na área urbana não houve melhorias enquanto a formas adequadas de destinação de esgoto (rede de coleta ou fossa séptica). Nesse caso, observou-se um aumento expressivo de formas inadequadas de disposição do esgoto (vala, fossa rudimentar, rio e lago), de 26,3% para 65,1%, bem como redução no percentual dos domicílios que tinha solução adequada de esgotamento, de 47,5% para 10,3 %. Situação semelhante foi observada em para a área urbana de Alto Alegre do Pindaré (U), que se destacou pela redução dos domicílios não atendido pelo esgotamento (25,70% para 5,8%), porém acompanhada do aumento da porcentagem de domicílios que dispunham do esgoto em escoadouro.

Na área rural do município grupo controle (Arame), o percentual de domicílios com rede geral de coleta ou fossa séptica era muito pequeno, mas que, no entanto, em termos do pior cenário, ausência de esgotamento houve uma queda de 47,5% para 10,3% e aumento de outras formas de coleta de 26,3% para 65,1%. Ou seja, de modo geral, mesmo sendo precárias as condições, aos poucos ocorreram melhorias. No entanto, a mesma situação não ocorreu no município de estudo rural, São Pedro da Água Branca (R), em que observou-se redução do percentual de rede de coleta ou fossa séptica de 23,8% para 4,0%. Estes dados estão, de certa forma, estão abaixo do encontrado na média nacional para rede de coleta e fossa séptica que, de acordo com IBGE (2010), em 2002 era de 46,4% e, em 2009, era de 52,5%.

Diversas foram as ferramentas e legislações que foram criadas para alavancar esses números, com ênfase para a Lei nº 11.445/07, que estabeleceu diretrizes para o saneamento básico, e o Plano Nacional de Saneamento Básico, em 2013. Entretanto, dada a realidade local, estas baixas abrangências carregam consigo vários problemas relacionados à saúde, uma vez que o contato humano com esgoto, maximizado pela falta de coleta e/ ou tratamento adequado, pode acarretar em várias doenças, como diarreia, leptospirose e esquistossomose – (TRATA BRASIL, 2018).

Quadro 5 - Valor do rendimento nominal médio mensal, sem desconto da inflação, dos domicílios para os municípios atravessados pela ferrovia e município grupo controle

Município	2000		2010	
	Urbana	Rural	Urbana	Rural
Alto Alegre do Pindaré (U)	466,54	284,26	838,74	609,10
Arame (C)	465,50	307,06	1717,92	579,69
São Pedro da Água Branca (R)	2085,00	309,00	2577,00	322,00

Fonte: IBGE (2000, 2010).

Observa-se que, no grupo controle (Arame), houve grande avanço do rendimento domiciliar na área urbana, avanço esse que não ocorreu na mesma intensidade para as famílias residentes na área rural. O mesmo avanço não ocorreu em termos de área urbana nos Municípios de Alto Alegre do Pindaré (U) e São Pedro da Água Branca (R) vem como também não houve aumento significativo na área rural. Logo, é inevitável ver que a mineração, por meio do transporte de minérios, não trouxe a médio e longo prazo benefícios à renda da população residente nas áreas estudadas, dados esses confirmados pela elevada taxa de desemprego nos municípios diretamente afetados pela ferrovia (Figura 10).

Contudo, é importante notar que, no caso de São Pedro da Água Branca (R), praticamente não houve avanços em relação à renda média rural. Observando do avanço do PIB e da área ocupada pela agropecuária, esses dados mostram mais uma vez uma concentração de renda e terras neste município, explicando também o êxodo rural observado.

4 CONCLUSÃO

Após confrontar os dados socioeconômicos com a expansão da área antropizada e da agropecuária, observou-se, que ao se avaliar os impactos de uma ferrovia, diversos aspectos socioeconômicos devem ser considerados em meio às questões ambientais, como o nível educacional, geração de emprego e renda, condições de saneamento, dentre outros.

A partir dos dados socioeconômicos levantados, observou-se que os municípios estudados apresentavam grande carência social, notadamente no campo do saneamento e da educação. Apesar do crescimento econômico e da expansão urbana e rural observados nesses municípios, a existência da ferrovia pareceu não trazer benefícios em termos de melhoria na renda média e nas condições de saneamento e educação. Ao contrário, nos municípios atravessados pela ferrovia observou-se uma migração do campo por seus habitantes que, aliado aos dados de expansão do PIB e uso do solo pela agropecuária, refletem uma possível concentração de renda e terras nas mãos de poucas famílias. Nesse contexto, é importante o desenvolvimento de estudos para o aprofundamento e avaliação dos impactos de ferrovias já existentes para o escoamento de minérios no Brasil. Variáveis locais que possam influenciar o uso e ocupação do solo e os índices socioeconômicos (Exemplo: contexto político, cultural, social e econômico) são as principais limitações para esses estudos.

As recomendações a serem destacadas são ações de intervenções como as medidas mitigadoras e compensatórias para a questão do desmatamento e recuperação de áreas degradadas, bem como o fomento e apoio às comunidades para geração de emprego e renda, principalmente nas áreas rurais. A ferrovia é um meio de transporte extremamente relevante, com custos de manutenção menores comparados a outros meios, e que apresenta alta capacidade de transporte de cargas e passageiros. Cabe às empresas responsáveis por sua construção e operação, atentarem para os impactos ambientais e sociais, garantindo assim o bem-estar social das comunidades e integridade do meio ambiente.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASRAR, G. *Teoria e aplicações do sensoriamento remoto óptico*. Nova Iorque: Wiley, 1989. 734p.

BRANDÃO, L. A. O sistema ferroviário brasileiro - Estrada de Ferro Carajás WebArtigos, 19 mar. 2008. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/articles/2194/1/Transporte-Ferrovuario/pagina1.html>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal: 2ª fase (2009-2011) – Rumo ao Desmatamento Ilegal Zero. Brasília: MMA, 2009. 170p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80120/PPCDAm%202%20fase%20_%202009-11.pdf>. Acesso em: 11 out. 2018.

BRASIL. Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis no 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis no 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm>. Acesso em: 17 out. 2018.

BRASIL. Lei nº. 11.445 de 5 de Janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 16 out. 2018.

BRASIL. Setor mineral representa 4% do PIB brasileiro. Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2014/12/setor-mineral-representa-4-por-cento-do-pib-brasileiro>>. Acesso em 03 nov. 2018.

COELHO, M. C. N.; MONTEIRO, M. ;A. Impactos ambientais da Estrada de Ferro Carajás no sudeste do Pará. Parte IV. In: Carajás: Geologia e Ocupação Humana, *Amazônia notícia e informação*, p 20-41,2006.

COELHO, T. P. A QUESTÃO MINERAL NO BRASIL VOL. 1 - Projeto Grande Carajás. Volume 1.2015.

COSTA, M. V., CHAVES, P. S. V., OLIVEIRA, F. C. Uso das técnicas de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará. In: *XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO*. 2005, Rio de Janeiro. Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação. Rio de Janeiro: *INTERCOM*, 2005.

CREMONEZ, F. E.; CREMONEZ, P. A.; FEROLDI, M.; CAMARGO, M. P.; KLAJN, F. F.; FEIDEN, A. Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil. Revista Monografias Ambientais - REMOA v.13, n.5, p.3821-3830, 2014

DEL ROIO, M. Sodré e a dialética da formação social brasileira. São Paulo: Editora Miolo, p85 a 101, 2017.

DUTRA, L.V.; SOUZA, R.C.M.; MOREIRA, J.C. Análise automática de imagens multiespectrais. São Paulo: INPE, p 139, 1981.

FERREIRA, A. Ferrovia e impacto ambiental. Nos trilhos do conhecimento - Manutenção de Sistemas Metroferroviários – IF Sudeste MG, Campus Santos Dumont. Santos Dumont MG.2016. Disponível em:

<<https://nostrilhosdoconhecimento.wordpress.com/2016/06/21/ferrovia-e-impacto-ambiental/>>. Acesso 20 set. /2018.

HOLLER, S. EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. Sistemas Orbitais de Monitoramento e Gestão Territorial. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2009. Disponível em: <<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios e de Pessoas: Censo Demográfico 2000. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2000/inicial>>. Acesso em: 03 out. 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios e de Pessoas: Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2010/inicial>>. Acesso em: 03 out. 2018.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por satélite. São José dos Campos: INPE: Projeto PRODES, 2010.

Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/>>. Acesso em 15 nov. 2018.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por satélite. São José dos Campos: INPE: Projeto PRODES, 2010.

Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/>>. Acesso em 15 nov. 2018.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por satélite. São José dos Campos: INPE: Projeto PRODES, 2017.

Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/noticias/inpe-registra-6-947-km2-de-desmatamento-na-amazonia-em-2017/>>. Acesso em 15 nov. 2018.

LAMOSO, L. P. A exploração de minério de ferro no Brasil e no Mato Grosso do Sul. Tese (Doutorado em Geografia), 309f, Universidade de São Paulo (USP). São Paulo/SP, 2001.

LUCAS, G. P.; FILIPPIS, N. N. S. Transporte de minério de ferro em ferrovias brasileiras e sua importância para o país. In: *II Encontro Científico de Gestão Portuária: Redes de Empresas e Cadeias Produtivas*. Anais...Santos, SP: FATECRL, 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (BRASIL). DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SUS - DATASUS. Informações Demográficas e Socioeconômicas: banco de dados. Disponível em: <<http://www.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0206>>. Acesso em: 29 set. 2018.

MOURA, H.J.T.; OLIVEIR, F.C. O uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará. *Pretexto*, Belo Horizonte, v. 10, n.4, p. 79-98, v.10, 2009

O ESTADO. Ferro Carajás movimentou mais de 156 milhões de toneladas em 2016.

Disponível em: <<http://imirante.com/oestadoma/noticias/2017/02/23/ferro-carajas-movimentou-mais-de-156-milhoes-de-toneladas-em-2016.shtml>>. Acesso em 21 jun. 2018.

OLIVEIRA. Z. A Vale no Maranhão. São Luís. Editora: Vale, 2007. Disponível em

<http://www.valor.com.br/sites/default/files/zenaldo_oliveira_-_vale.pdf>. Acesso em 21 jun. 2018.

PEREIRA, R.S. Sistema de tratamento de imagens multiespectrais. 1995. 262f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós graduação em Eng. Florestal, Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/26752>>. Acesso em 04 ago. 2018.

PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO. PLANSAB, 2013. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. 173p. Disponível em <http://www.cecol.fsp.usp.br/dcims/uploads/arquivos/1446465969_Brasil-PlanoNacionalDeSaneamentoB%C3%A1sico-2013.pdf>. Acesso em 27 nov. 2018.

POEMAS. Antes fosse mais leve a carga: uma avaliação dos aspectos econômicos, institucionais e sociais do desastre da Vale/BHP/Samarco em Mariana (MG) – Relatório preliminar. Mimeo. 2015. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/poemas/files/2016/11/Livro-Completo-com-capa.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2018.

SANCHÉZ, L. E. Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: *Oficina de Texto*, 2008. 450p

SIGAUD, L. O efeito das tecnologias sobre as comunidades rurais: o caso das grandes barragens. *RBCS*, v. 18, n. 7, p.330-400, 1992.

SILVA, J. M. P.; LIMA, R. A. P. Economia mineral e os impactos nos territórios amazônicos do sudeste paraense. *Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas*, v. 02, p.103-116, 2017.

TRATA BRASIL Saneamento Básico. Doenças causadas pela falta de saneamento básico. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/blog/2018/02/27/doencas-falta-de-saneamento-basico/>>. Acesso em 01 nov. 2018.

VALE. Seminário Maranhão, 2011. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Disponível em:

http://antaq.gov.br/Portal/pdf/Palestras/SeminarioMaranhao2011/Apresentacao_VALE_Abril2011.pdf. Acesso em 27 nov. 2018.

VALE. Transporte Ferroviário. Portal virtual da mineradora Vale. Nossos Negócios; Logística. 2008. Disponível em:

<<http://saladeimprensa.vale.com/pt/noticias/interna.asp?id=20235>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

VALE. Transporte Ferroviário. Portal virtual da mineradora Vale. Conheça a história da balzaquiana Estrada de Ferro Carajás. 2016. Disponível em:
<<http://saladeimprensa.vale.com/pt/noticias/interna.asp?id=20235>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

VERDE, R. B. R. V. Parauapebas (PA): a mão de ferro do Brasil na implantação do Projeto Grande Carajás. *XII Encontro de Geógrafos da América Latina – EGAL*, Montevideu, Província de Montevideu: Uruguai, 2009, p. 1-15