



**Universidade Federal do Pará
Núcleo de Altos Estudos Amazônicos
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento
Sustentável do Trópico Úmido
Mestrado em Planejamento do Desenvolvimento**



RAFAEL ALMEIDA FLORES

Desastres, infraestrutura e desenvolvimento: interrupções nas rodovias e impactos ao desenvolvimento na Amazônia.

Orientador:

Prof. Dr. Claudio Fabian Szlafsztain

Belém, Pará

2015



Universidade Federal do Pará
Núcleo de Altos Estudos Amazônicos
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento
Sustentável do Trópico Úmido
Mestrado em Planejamento do Desenvolvimento



RAFAEL ALMEIDA FLORES

Desastres, infraestrutura e desenvolvimento: interrupções nas
rodovias e impactos ao desenvolvimento na Amazônia.

Orientador:

Prof. Dr. Claudio Fabian Szlafsztain

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido da Universidade Federal do Pará, com orientação do Professor Dr. Claudio Fabian Szlafsztain, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Planejamento do Desenvolvimento.

Belém, Pará

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca do NAEA/UFPA)

Flores, Rafael Almeida

Desastres, infraestrutura e desenvolvimento: interrupções nas rodovias e impactos ao desenvolvimento na Amazônia/ Rafael Almeida Flores.– 2015.

Orientador: Claudio Fabian Szlafsztain.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Belém, 2015.

1. Monitorização ambiental - Amazônia. 2. Gestão ambiental pública – Amazônia. 3. Rodovia - Amazônia. 4. Transporte - Amazônia. Szlafsztain, Claudio, orientador. II. Título.

CDD 22. ed. 363.7009811



Universidade Federal do Pará
Núcleo de Altos Estudos Amazônicos
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento
Sustentável do Trópico Úmido
Mestrado em Planejamento do Desenvolvimento



RAFAEL ALMEIDA FLORES

Desastres, infraestrutura e desenvolvimento: interrupções nas rodovias e impactos ao desenvolvimento na Amazônia.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido da Universidade Federal do Pará, com orientação do Professor Dr. Claudio Fabian Szlafsztain, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Planejamento do Desenvolvimento.

Aprovada em: 02 de fevereiro de 2015.

Banca Examinadora:

Professor Doutor Claudio Fabian Szlafsztain
Orientador – Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - NAEA/UFPA

Professora Doutora Simaia do Socorro Sales das Mercês
Examinadora Interna – Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - NAEA/UFPA

Professor Doutor André Augusto Azevedo Montenegro Duarte
Examinador Externo – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - PPGEC/UFPA

AGRADECIMENTOS

Ao professor Claudio pelos ensinamentos, oportunidades e experiências na forma de orientação, além da compreensão e do apoio nas horas difíceis.

À Universidade Federal do Pará, por representar a esperança de futuro próspero para toda a região e fomentar pesquisas sobre a Amazônia.

Ao Núcleo de Altos Estudos Amazônicos pela oportunidade de realizar pesquisa interdisciplinar que enriquece as ideias sobre o desenvolvimento sustentável da Amazônia em nossos objetivos.

Aos colegas do mestrado pelas discussões em sala de aula e fora dela, fundamentais para entender pontos de vista de outras disciplinas que não a Engenharia e assim compreender que é necessária a multidisciplinaridade.

Aos colegas do grupo de estudos e pesquisa sobre desastres na Amazônia (PEGEDAM – UFPA) que, na forma de colaboração e discussão de pesquisa, enriqueceram o trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo incentivo financeiro na forma de bolsa de estudos que possibilitou a realização da pesquisa.

Aos meus pais, Socorro e Claudio, pelo apoio incondicional às minhas decisões e por terem sempre a paciência e a sabedoria de me mostrarem o caminho.

Aos meus irmãos, Mauricio e Tamara, que são minha base emocional e meus companheiros para sempre.

À minha companheira Glorgia e à nossa Gabriela, pela paciência de esperar, pela felicidade e por representarem o motivo de tudo.

Vale a pena.

Resumo

O desenvolvimento de uma região está relacionado, em parte, com sua capacidade de estabelecer relações com outras regiões e com a eficiência com a qual opera internamente e dinamiza suas intrarrelações. Estudar os impactos na disponibilidade de infraestrutura de transporte no desenvolvimento regional interessa pela influencia que ela tem sobre as decisões de localização de investimentos. A presente dissertação descreve de forma sistematizada, organizada e distribuída no espaço de que forma a relação entre o funcionamento da infraestrutura de transportes e os desastres naturais impactam o desenvolvimento regional. São apresentados dados de localização, de causas, de frequências de eventos, de impactos resultantes e de potencial de ocorrência dos desastres que causam interrupções no sistema de transportes da região amazônica brasileira, impactando o desenvolvimento regional. A rede de infraestrutura de transportes na região amazônica brasileira é suscetível a interrupções em seu funcionamento por pressões oriundas da interação dos sistemas integrados humanos e naturais, impactando o desenvolvimento regional principalmente por isolar regiões aumentando a preocupação sobre a seguridade humana das populações residentes e sobre o desenvolvimento econômico na medida em que a produção regional não circula, eliminando temporariamente uma das principais etapas da dinâmica da economia. Os indicadores da suscetibilidade do sistema de infraestrutura de transportes na Amazônia não são evidentes, sendo aqui apresentados dados temporais, distribuídos no espaço, para descrever o cenário no qual se encontra a infraestrutura de transportes na Amazônia no contexto dos desastres naturais. Este estudo apresenta causas, frequências, potenciais de risco e impactos da interrupção do funcionamento desse sistema mediante o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação de impactos de desastres em infraestrutura que é aplicada no caso da inundação da rodovia BR-364 nos estados de Rondônia e Acre em 2014, verificando que planos de ação podem inclusive ser origem de novos impactos, agravando ainda mais a situação e evidenciando clara falta de preparo estatal para lidar com desastres naturais.

Palavras-chave: *Desastres; Rodovias; Transporte; Infraestrutura; Desenvolvimento.*

Abstract

The development of a region is related, in part, to its ability to establish relations with other regions and the efficiency with which it operates internally and streamlines their intra relations. The study of the impacts in the availability of transport infrastructure in regional development interests by the influence it has on the location decisions of investment. This work describes a systematic, organized and distributed within that shape the relationship between the operation of transport infrastructure and natural disasters impacting regional development. Location data, causes, frequency of events, resulting impacts and potential occurrence of disasters that cause disruptions in the transportation system of the Brazilian Amazon region are presented, explaining how all of this impacts regional. The network of transport infrastructure in the Brazilian Amazon region is susceptible to interruptions in its functioning by pressures arising from the interaction of coupled human and natural systems, impacting regional development mainly by isolating regions raising concerns about human security of local residents and the economic development to the extent that regional production does not circulates temporarily, eliminating one of the economy dynamics main stages. The susceptibility indicators of transport infrastructure system in the Amazon are unclear being here presented temporal data, distributed in the geographic space, in order to describe the Amazonian transportation network scenario in the natural disasters context. This study presents disruptions causes, frequency, potential risks and impacts in this system functioning through an infrastructure disaster impacts evaluation methodology on the case of the BR-364 highway flood study and the respective impact on the 2014 Acre and Rondonia states, demonstrating that even action plans could be the origin element to more impacts, further aggravating the situation, showing a clear lack of the State preparation to deal with natural disasters.

Keywords: *Disasters; Roadways; Transportation; Infrastructure; Development.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1. Desastres naturais, desenvolvimento e infraestrutura..... | 14 |
| Figura 2. Rodovias federais da região Norte..... | 17 |
| Figura 3. Orientação e nomenclatura de rodovias federais..... | 23 |
| Figura 4. Obtenção de coordenada para elaboração de mapas..... | 24 |
| Figura 5. Obtenção de coordenada com ferramenta "Rotas" do <i>Google Maps</i> | 24 |
| Figura 6. Coordenadas numeradas e classificadas para elaboração de mapa..... | 25 |
| Figura 7. Variabilidade de períodos chuvosos na Amazônia..... | 34 |
| Figura 8. Estações meteorológicas convencionais nos estados amazônicos..... | 35 |
| Figura 9. Estações meteorológicas automáticas nos estados amazônicos..... | 36 |
| Figura 10. Rodovias na região Norte do Brasil..... | 37 |
| Figura 11. Evolução da malha terrestre de transportes no Brasil (km)..... | 37 |
| Figura 12. Mapa do Índice de Desenvolvimento Humano em 2013..... | 46 |
| Figura 13. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990..... | 52 |
| Figura 13. Quadro PSIR..... | 55 |
| Figura 14. Bueiros de Greide..... | 60 |
| Figura 15. Caixas coletoras em obra de drenagem no município de Santa Izabel do Pará,PA..... | 60 |
| Figura 16. Dimensionamento de dispositivos de drenagem superficial..... | 61 |
| Figura 17. Estrutura geral do pavimento..... | 62 |
| Figura 18. BR-174. Interrupção por erosão. 117 km de Manaus..... | 63 |
| Figura 19. Interrupção da BR-174 por ruptura de galeria de tubos..... | 65 |
| Figura 20. Corpo de Bombeiros auxilia no transporte de mercadorias com um barco..... | 65 |
| Figura 21. Interrupção da BR-010 em São Miguel do Guamá, Pará..... | 66 |
| Figura 22. Desvio na interrupção na BR-010 em São Miguel do Guamá em abril de 2011.... | 67 |
| Figura 23. Interrupção da BR-174..... | 67 |
| Figura 24. BR-230 em Apuí-AM..... | 68 |
| Figura 25. Rodovia BR-401. Ruptura de tubos..... | 69 |
| Figura 26. Interrupção da BR-230 por ruptura de tubos..... | 69 |
| Figura 27. Interrupção da BR-010 em fevereiro de 2014..... | 70 |
| Figura 28. Bueiro colapsado na BR-155..... | 71 |
| Figura 29. Ponte danificada na BR-010..... | 72 |
| Figura 30. Nível da água do Rio Arataú sobe e causa a interdição da rodovia BR-230..... | 73 |
| Figura 31. Passageiros esperam o reestabelecimento do serviço de transporte na BR-230..... | 73 |

| | |
|---|----|
| Figura 32. Ponte sobre o rio Tarauacá (AC) com danos em sua estrutura..... | 74 |
| Figura 33. BR-432 inundada com o tráfego interrompido..... | 75 |
| Figura 34. BR-174 com o tráfego interrompido no município de Caracaraí, RR. | 75 |
| Figura 35. Extensão da rodovia BR-364, ligação terrestre Acre com resto do Brasil..... | 77 |
| Figura 36. Rodovia BR-364 inundada próximo de Porto Velho-RO. | 78 |
| Figura 37 – Rodovia BR-425 nas proximidades de Guajará-Mirim-RO. | 79 |
| Figura 38. Atoleiro em Trairão (PA), na localidade de Caracol. | 79 |
| Figura 39. Rodovia BR-230 em Altamira-PA interrompida. | 81 |
| Figura 40. BR-163 sem condições de tráfego. | 81 |
| Figura 41. Rodovia BR-230 entre Novo Repartimento e Pacajá (PA) intrafegável..... | 82 |
| Figura 42. Localização das interrupções..... | 86 |
| Figura 43. Inundação BR-364 em Mutum-Paraná..... | 92 |
| Figura 44. BR-364 inundada em Mutum-Paraná..... | 92 |
| Figura 45. Danos à estrutura do pavimento na rodovia BR-364 após inundação de 2014. | 93 |
| Figura 46. Caminhões trafegam na inundada rodovia BR-364. | 94 |
| Figura 47. Desastre e impactos - Cheia do Rio Madeira, Inundação da rodovia BR-364, impactos e mitigações. | 95 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Rodovias Federais da Região Norte. | 17 |
| Tabela 2. Exemplo de matriz de avaliação de aspectos e impactos de atividades humanas.... | 26 |
| Tabela 3. Exemplo de quadro para o estudo da cadeia de eventos..... | 27 |
| Tabela 4. Método de aplicação do quadro de análise do dano à infraestrutura e sua categoria de custo..... | 28 |
| Tabela 5. Exemplo de aplicação do quadro de análise de velocidade e custo de recuperação. | 29 |
| Tabela 6. Exemplo de composição da tabela comparativa de custo de recuperação de infraestrutura..... | 29 |
| Tabela 7. Atributos de avaliação de impactos de desastres..... | 30 |
| Tabela 8. Matriz de impactos derivados de um desastre. Exemplo de aplicação em rodovia inundada. | 31 |
| Tabela 9. Estações Meteorológicas na Região Norte..... | 35 |
| Tabela 10. Interrupções em rodovias federais na Amazônia brasileira entre 2011 e 2014 ordenadas por causa. | 84 |
| Tabela 11. Sistema de Custos Rodoviários – SICRO2/DNIT..... | 88 |
| Tabela 12. Custos e danos à infraestrutura..... | 90 |
| Tabela 13. Matriz de avaliação dos impactos da inundação da Rodovia BR-364..... | 97 |

SUMÁRIO

| | |
|---|------------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 1.1. Objetivos | 19 |
| 2. METODOLOGIA..... | 21 |
| 2.1. Materiais e Métodos..... | 21 |
| 2.1.1. Revisão e análise crítica da bibliografia | 21 |
| 2.1.2. Espacialização dos desastres..... | 21 |
| 2.1.3. Avaliação de impacto de desastre natural sobre a infraestrutura | 25 |
| 2.2. Caracterização da Área de Estudo | 32 |
| 3. REFERENCIAL TEÓRICO..... | 38 |
| 3.1. Definições, planos e formas de avaliar o Desenvolvimento | 38 |
| 3.2. Instituições e o tema do Desenvolvimento no Brasil..... | 40 |
| 3.3. Noções sobre desenvolvimento regional na Amazônia | 44 |
| 3.4. Avaliação de desenvolvimento..... | 45 |
| 3.5. Os planos de desenvolvimento do governo baseados em infraestrutura..... | 46 |
| 3.5.1. Histórico e atualidade dos planos de desenvolvimento..... | 47 |
| 3.6. Definições de ameaça, de desastre e de danos | 49 |
| 3.7. Instituições estatais e desastres no Brasil..... | 53 |
| 3.8. Pesquisas sobre avaliação de desastres e infraestrutura..... | 55 |
| 3.9. Aspectos construtivos de rodovias..... | 59 |
| 4. RESULTADOS..... | 63 |
| 4.1. Descrição de Interrupções | 63 |
| 4.2. Mapa Temático | 85 |
| 4.3. Avaliação de impactos e custos de desastres naturais em infraestrutura | 87 |
| 4.4. Avaliação dos impactos na inundação na BR-364 em fevereiro de 2014..... | 91 |
| 5. DISCUSSÕES..... | 98 |
| 5.1. Discussões do levantamento e distribui o espacial dos desastres | 98 |
| 5.2. Discussões sobre a avalia o de impactos de desastres em infraestrutura..... | 102 |
| 6. CONCLUSÕES..... | 105 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 109 |

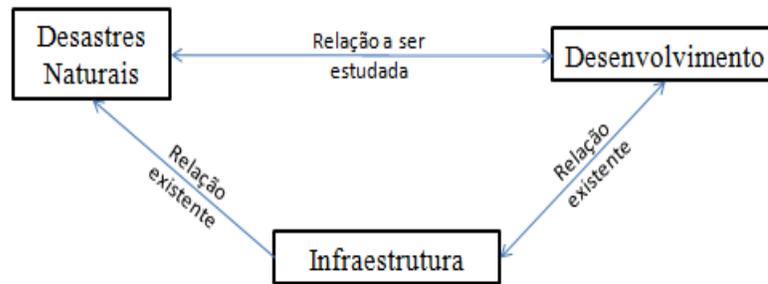
1. INTRODUÇÃO

Durante muitos anos, a região amazônica do Brasil tem sido considerada imune às ameaças de desastres naturais. No entanto, nos últimos anos, eventos naturais extremos, incrementando suas magnitudes e frequências, tem se manifestado em áreas urbanas e rurais nesta região. Consequentemente, este território tem sido exposto aos impactos de algumas ameaças tecnológicas e naturais, sendo a maioria associada a secas, inundações, incêndios e erosões de solos, fluviais e de zonas costeiras (SZLAFSZTEIN, 2012). A interação entre o comportamento do meio natural em relação ao meio construído pelo Homem, desperta grande interesse no contexto das discussões ambientais de mudanças no clima e de planejamento do desenvolvimento sustentável. Esta nova maneira de pensar o futuro considera a melhoria das cadeias produtivas, das logísticas de transporte, da exploração dos recursos naturais entre outros fatores e deve ser pauta de pesquisas que visem entender e promover o desenvolvimento regional.

Pesquisadores do tema têm focado sua atenção na relação entre desastres naturais e a vulnerabilidade a estes que apresentam as populações. Nessa linha de pesquisa não é tão explorada a relação que possuem os componentes do desenvolvimento regional com os desastres naturais, através do papel da infraestrutura daquela região, como promotor de desenvolvimento e de agente impactado pela natureza. Neste contexto, o rol que desenvolve a infraestrutura se torna fundamental no estudo do desenvolvimento regional e das dificuldades encontradas para se chegar a um patamar mais avançado neste tão sonhado conceito. É uma abordagem indireta da relação entre desastres e população, tendo como elemento de ligação o estudo da infraestrutura envolvida no desenvolvimento daquela sociedade.

Uma maneira de abordar este tema é estudar a infraestrutura existente na região como elemento propulsor do desenvolvimento que é impactado por fenômenos naturais. Isto se dá não somente através das respostas que são dadas pela sociedade para mitigar os efeitos de eventos danosos, mas principalmente pelo destaque à maior suscetibilidade das infraestruturas a desastres. Estudos como esta dissertação descrevem de que maneira as infraestruturas são afetadas por ameaças naturais, causando um atraso no desenvolvimento daquela região onde está inserida na medida em que apresenta períodos não funcionais por terem sido impactadas por algum tipo de desastre (Figura 1).

Figura 1. Desastres naturais, desenvolvimento e infraestrutura.



O desenvolvimento de uma região está relacionado, em parte, com sua capacidade e eficiência no estabelecimento de relações com outras regiões, bem como sua eficiência para operar suas intrarrelações. Isto depende de fatores como a infraestrutura existente para transportar os serviços, informações e mercadorias (sistemas de transportes terrestres, aquáticos e aéreos). Sem esta infraestrutura estar disponível pelos impactos derivados dos desastres, ainda que em pequenos intervalos de tempo, não é possível conseguir que a força de trabalho se desloque ao local de produção, não se consegue transportar a matéria-prima e não é possível que o mercado consumidor em potencial tenha acesso ao produto. Regiões dependentes de somente uma forma de transporte deixam sua população suscetível ao isolamento. Através desta perspectiva, os impactos negativos na infraestrutura de transportes, estando relacionada ao desenvolvimento econômico regional, interessam pelo custo que geram e pela influencia que possuem sobre as decisões de localização de investimentos. Desta maneira é possível pensar relações entre infraestrutura de transporte, crescimento econômico e disparidades regionais como componentes do desenvolvimento. Araújo (2006) indica que no Brasil a questão da infraestrutura de transporte é um gargalo estrutural ao desenvolvimento na medida em que não apresenta condições adequadas e equilibradas entre as regiões do país.

Infraestruturas são as instalações necessárias para o funcionamento de uma sociedade, agrupando um conjunto de elementos estruturais interconectados que dão suporte a toda uma estrutura de desenvolvimento (SULLIVAN, 2003). Tecnicamente se trata de estruturas como rodovias, pontes, sistemas de abastecimento de água e coleta de esgoto, redes de distribuição de energia e telecomunicações, constituindo os componentes físicos de sistemas interligados que fornecem mercadorias e serviços essenciais para tornar possíveis, sustentáveis e melhores as condições de vida (FULMER, 2009). Desempenham um papel chave no desenvolvimento das funções sociais, econômicas e institucionais de uma sociedade. Socialmente, a infraestrutura promove condições adequadas de moradia, trabalho, saúde, educação, lazer e segurança. Economicamente, a infraestrutura baseia o desenvolvimento das atividades

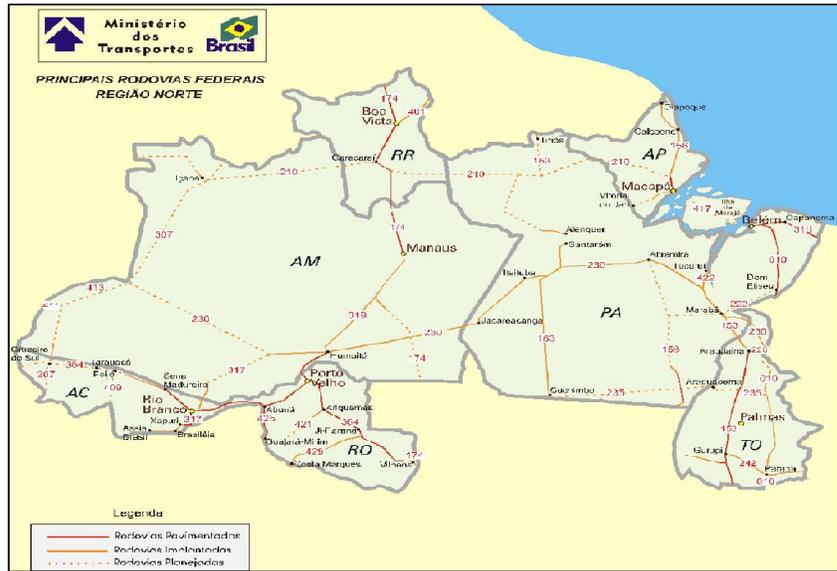
produtivas, isto é, a produção e comercialização de bens e serviços. E institucionalmente, propicia os meios necessários ao desenvolvimento das atividades político-administrativas (ZMITROWICZ e ANGELIS NETO, 1997). Algumas infraestruturas (ex. sistemas de comunicações, de abastecimento de água, de coleta e tratamento de esgoto, de transmissão de energia elétrica, de distribuição de combustível, de distribuição de gás natural, de transportes) são classificadas como linhas vitais (*lifelines*) porque proporcionam condições essenciais de circulação de pessoas, bens, serviços e informações (PLATT, 1991). São sistemas e instalações que constituem também importantes elementos da resposta e recuperação de emergência depois de um desastre natural (MCEER, 2013). Trata-se, portanto, de linhas de infraestrutura vitais para o desenvolvimento e crescimento de uma sociedade. Por essa razão há uma crescente preocupação a respeito dos sistemas de linhas vitais e de sua vulnerabilidade a danos e rupturas durante desastres (DALZIELL e NICHOLSON, 2001).

Desastres naturais são associados com a frequência, recorrência e magnitude de ameaças considerando a vulnerabilidade exposta de populações e infraestruturas. Na Amazônia brasileira estes desastres impactam negativamente uma região cujo desenvolvimento já apresenta problemas não resolvidos, com particular ênfase às atividades econômicas e ambientais da população mais vulnerável (ex. a pobreza em áreas urbanas e em comunidades rurais). A situação tende a piorar considerando a previsão de cenários de uso mais intenso e extenso da floresta e o aumento da ocupação nas cidades, assim como a intensificação das mudanças climáticas na Amazônia. Neste sentido, um grande desafio é desenvolver e aplicar políticas de gestão de riscos, estratégias e medidas que possam se adequar às peculiaridades regionais (SZLAFSZTEIN, 2012). Entende-se desastre como qualquer interrupção no ciclo natural de desenvolvimento de qualquer pessoa, população, sociedade, atividade econômica e etc. Portanto, trata-se de qualquer evento que, de alguma maneira, tenha esta característica de interromper o desenvolvimento. A Organização das Nações Unidas (ONU) define os desastres naturais como as consequências dos impactos, danos e prejuízos provenientes de fenômenos naturais extremos ou intensos sobre um sistema socioeconômico, que excedem à capacidade do sistema afetado em eliminar ou conviver com o impacto (UN-ISDR, 2009). No Brasil, os desastres são definidos como resultados de eventos adversos, naturais ou provocados pelo Homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais, ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais (BRASIL, 2010).

O entendimento da relação entre infraestrutura e desastres naturais como causadora de impactos ao desenvolvimento passa pelo conceito de vulnerabilidade. A vulnerabilidade pode ser analisada a partir da relação existente entre a exposição a um determinado risco (susceptibilidade) e o nível de adaptação que uma definida área, atividade, população ou infraestrutura apresenta em um momento específico (IPCC, 2007; PETTENGUELL, 2010). A Susceptibilidade é definida como o conjunto de características e circunstâncias às quais está submetida uma infraestrutura, as quais fazem com que esta esteja suscetível aos efeitos danosos de uma ameaça, independentemente da sua exposição (UN-ISDR, 2009). Além disso, surge de vários fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, tais como projetos construtivos inadequados ou desatualizados, construções deficientes, proteção ineficiente dos bens, ficando o nível baixo de adaptação definido pela falta de informação sobre ameaças, reconhecimento oficial limitado do risco e das medidas de preparo e desatenção a uma gestão ambiental sensata ou prudente.

O governo brasileiro adotou, desde a metade do século XX, um modelo de desenvolvimento que contou com a expansão da infraestrutura formada, em grande parte, por uma malha rodoviária a serviço da sua incipiente indústria. As estradas são ainda os eixos de desenvolvimento pelos quais passa a essência da economia brasileira. Logo após a inauguração de Brasília foram construídas as rodovias Belém-Brasília, Brasília-Rio Branco e Cuiabá-Porto Velho, no intuito de estabelecer relações comerciais e fomentar o povoamento em áreas mais afastadas do Centro-Oeste e da região Norte. (SILVA, 2014). A região Amazônica passou a integrar esta rede de estradas com a construção da rodovia BR-010, conhecida como a rodovia Belém Brasília. Uma linha vital se constituiu então entre as regiões Centro-Oeste e Norte. Na Amazônia, a malha de integração foi implantada, em sua concepção inicial, com os principais eixos entre os anos de 1960 e 1985, visando complementar a apropriação física e o controle do território, fazendo parte das principais estratégias dessa apropriação a construção de redes de integração espacial (Figura 2).

Figura 2. Rodovias federais da região Norte.



Fonte: Agência Nacional de Petróleo (<http://www.anp.gov.br>)

A ampliação da infraestrutura brasileira na segunda metade do século XX pode ser entendida em quatro etapas principais. Primeiramente, entre as décadas de 1960 e 1980, implantou-se na região Norte grandes eixos transversais (ex. rodovia BR-230) e eixos intrarregionais (ex. Rodovia Cuiabá – Santarém - BR-163 e Porto Velho - Manaus BR-174). Após isso, a rede de telecomunicações passou a ser comandada por satélite. A terceira etapa corresponde à rede urbana, com as redes de instituições estatais e privadas se tornando mais densa e com sistemas mais robustos. Finalmente, em quarto lugar, a rede hidroelétrica, que se implantou para fornecer energia, o insumo básico à nova fase de industrialização pela qual o país passava (BECKER, 2001). Atualmente a região Norte é conectada por rodovias federais, classificadas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) segundo a sua direção, sentido, importância e função, além das rodovias estaduais. A rodovia BR-155 corresponde a uma mudança de administração antes estadual (rodovia PA-150) para federal no trecho que liga as sedes dos municípios de Redenção e Marabá, no Pará. Isto aconteceu em 2010.

Tabela 1. Rodovias Federais da Região Norte.

| Rodovia Federal | BR | | | | | | | | |
|-----------------|--------|--------------|-----|----------|-----|-------------|---------|-----|-----|
| | 010 | 163 | 174 | 155 | 364 | 319 | 230 | 401 | 432 |
| Classificação | Radial | Longitudinal | | Diagonal | | Transversal | Ligação | | |

O sistema rodoviário de transportes caracteriza-se, entre outras coisas, por sua extensão linear e pela possibilidade de atravessar diferentes paisagens. Entre os componentes que estão presentes na paisagem pela qual a estrada se estende destacam-se os rios, lagos e

represas artificiais. Os corpos de água são transpostos pelas estradas por meio de obras de engenharia (ex. tubulações, bueiros, galerias e pontes) ou podem ter seu próprio curso desviado em obras denominadas de transposições. No que diz respeito à vazão pela qual a água circula por estes corpos de água, precipitações extremas em intensidade ou duração acima da média histórica são as principais causas do aumento brusco do volume por tempo e do nível das águas fluviais. Valores inesperados de precipitação, cálculos de projetos subvalorados, ou a junção destes dois acontecimentos pode resultar em danos parciais ou totais na infraestrutura, tendo como consequência a interrupção parcial ou total do serviço oferecido: o transporte de pessoas ou de mercadorias. Estes danos são apresentados neste trabalho como os impactos que são percebidos pela sociedade, isto é, o impacto que pode até não ser o gerador da situação, mas é o que interrompe o serviço, fazendo com que a percepção seja consolidada por parte da sociedade. Alguns exemplos destes impactos percebidos são a erosão da pista, a ruptura de galerias subterrâneas e danos em parte da estrutura de pontes.

Os impactos negativos - como interrupção de estradas, de telecomunicações e desabastecimento - são percebidos pelos usuários (ex. motoristas, passageiros, donos de mercadorias transportadas) do serviço prestado por toda infraestrutura dedicada ao transporte eficaz e eficiente de mercadorias, de matérias-primas, de pessoas e de informações é vulnerável neste contexto. Isto significa que se uma estrada pela qual se transporta uma mercadoria se torna menos eficiente devido ao tráfego pesado, a erosões na pista que causam estreitamento da via ou a interrupção temporária da estrada com ou sem alternativas de rotas, o impacto passa a ser percebido nas atividades cotidianas da população, sendo assim um impacto ao desenvolvimento regional. Destaca-se a hierarquia existente nos impactos aqui exemplificados, já que não apenas o transporte passa a ter um custo maior por ter que ficar mais tempo na rodovia (ex. cargas perecíveis e dependentes de refrigeração), mas também atividades desenvolvidas em uma das localidades que depende da rodovia (ex. postos de gasolina, empresas que aguardam a chegada da matéria-prima de seu produto ou o consumidor final do produto). Esta hierarquia trata de impactos que podem ocasionar danos com maior abrangência, social, geográfica, econômica ou natural.

Interessa entender eventos ou sucessões de eventos que tornem uma rodovia vulnerável: ameaças naturais, ameaças decorrentes de atividades humanas, ou ainda pressões resultantes da interação entre os meios humano e natural. Identificar, analisar e interpretar as ameaças que tornam vulnerável este sistema de rodovias são passos fundamentais para construir conhecimento do tema, contribuindo para a primeira etapa do planejamento do

desenvolvimento, no que diz respeito à integração regional: o conhecimento de fraquezas que devem ser superadas. O fato de uma rodovia ser vulnerável a interrupções torna a região menos desenvolvida de que forma? Quais são os danos para aquela região? Estes danos são passíveis de quantificação? A partir da posse de dados concretos de perdas econômicas, é possível relacionar a desastres naturais, infraestrutura e desenvolvimento da região? Para responder a estas questões se aplica um modelo de análise de impactos de desastres em infraestrutura de transportes na BR-364, no contexto da inundação pela qual passou em 2014.

Em síntese, esta pesquisa busca um avanço no que diz respeito ao estudo de uma das causas para o subdesenvolvimento da Região Norte do Brasil, além de levantamento da situação na qual se encontram elementos de infraestrutura. Este avanço diz respeito ao fato de que a pesquisa alia com a temática do desenvolvimento questões sobre desastres naturais e sociedade, através da ótica da infraestrutura de transporte como elemento de análise. Isto representa um olhar não antes abordado em instituições de pesquisa da região e é, potencialmente, uma linha de pesquisa em concepção, seguindo o objetivo de formação de seu autor. Representa então um marco inicial para que estudos semelhantes sejam feitos em outras regiões ou refinando a pesquisa no âmbito econômico na própria região norte, constituindo a primeira etapa para o desenvolvimento regional: conhecer a infraestrutura e seus problemas para investir em suas respectivas soluções de forma efetiva e eficaz. Dessa forma relaciona-se a infraestrutura de transportes terrestres com o desenvolvimento da região amazônica brasileira. Vale ressaltar que, embora estudos mostrem conclusões e apresentem discussões divergentes em relação à construção de estradas no que diz respeito à conservação da biodiversidade, à preservação de recursos naturais e à proteção a povos tradicionais, esta pesquisa não defende que a criação de estradas na região amazônica é o único modo de promoção do desenvolvimento, sendo a visão apresentada de que o caminho para o desenvolvimento sustentável passa pela gestão do sistema de transportes já existente.

1.1. Objetivos

Esta pesquisa visa descrever a relação entre desenvolvimento e desastres naturais com o elemento de análise sendo a infraestrutura de transportes existente, apresentando, de forma sistematizada, organizada e distribuída no espaço os dados de ocorrência de desastres em rodovias federais na região Norte do Brasil, e discutindo de que forma a relação entre o funcionamento da infraestrutura e os desastres naturais atua, simultaneamente, como agente

impactante e como propulsor do desenvolvimento regional. Este objetivo geral está dividido em três objetivos específicos que orientam a pesquisa:

1. Construir uma base de dados espacial, evidenciando o cenário no qual se encontra atualmente a infraestrutura de transportes na Amazônia brasileira no contexto dos desastres naturais;
2. Avaliar os impactos de desastres naturais na infraestrutura, aplicando um modelo de análise do desastre natural que ocorre e impacta uma infraestrutura de transporte.
3. Descrever a relação entre desastres naturais e desenvolvimento na região norte do país, considerando suas peculiaridades e necessidades de infraestrutura e de transporte.

2. METODOLOGIA

2.1. Materiais e Métodos

Para alcançar os objetivos específicos foram utilizados métodos que permitem obter informações e dados para uma análise da temática principal do estudo como a revisão bibliográfica, o processo de espacialização da informação e a construção da metodologia, detalhados a seguir. Tudo isto integrado é necessário para entender a principal relação que o trabalho apresenta entre o desenvolvimento de uma região e os desastres naturais ali ocorridos com frequência através da ótica do papel das infraestruturas existentes.

2.1.1. Revisão e análise crítica da bibliografia

A revisão bibliográfica auxiliou na definição do tema da pesquisa e teve como foco publicações e artigos científicos, livros, e teses relacionadas à vulnerabilidade da infraestrutura de transportes diante da ocorrência de desastres naturais. A partir da leitura do material coletado foi possível definir a abordagem a ser desenvolvida na dissertação. A análise crítica permite interpretar a visão de diferentes autores sobre a ameaça natural a instalações infraestruturais, da relação entre investimentos em infraestrutura e desenvolvimento regional e de impactos econômicos de desastres naturais. Essa revisão baseia as discussões a respeito dos dados coletados e percebidos ao longo da segunda etapa da pesquisa, que relaciona desastres, infraestrutura e desenvolvimento regional. Além disso, o estudo de métodos aplicados em outros contextos permite construir e refinar a metodologia aqui desenvolvida para ser aplicada com maior precisão, embora o ideal seja que se preserve a possibilidade de extrapolação de resultados para que o método seja válido em outras realidades. Para isto a bibliografia encontrada e componente do trabalho foi minuciosamente escolhida e classificada.

2.1.2. Espacialização dos desastres

Foi realizado um levantamento de documentos junto a periódicos regionais do período entre 2011 e 2014, órgãos de defesa civil, corpo de bombeiros e Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Estas fontes são os portais de notícias G1 Amazonas, G1 Pará, G1 Maranhão, D24AM Notícias, Estradas, A Crítica, A Tarde, O Impacto, os jornais Diário do Pará, Folha da Boa Vista, Jornal do Brasil, Correio do Estado e os relatórios de serviços executados pelo Batalhão de Engenharia e Construção do Exército Brasileiro (BEC) e do DNIT. Os sites de busca em internet constituíram o primeiro canal de acesso à informação,

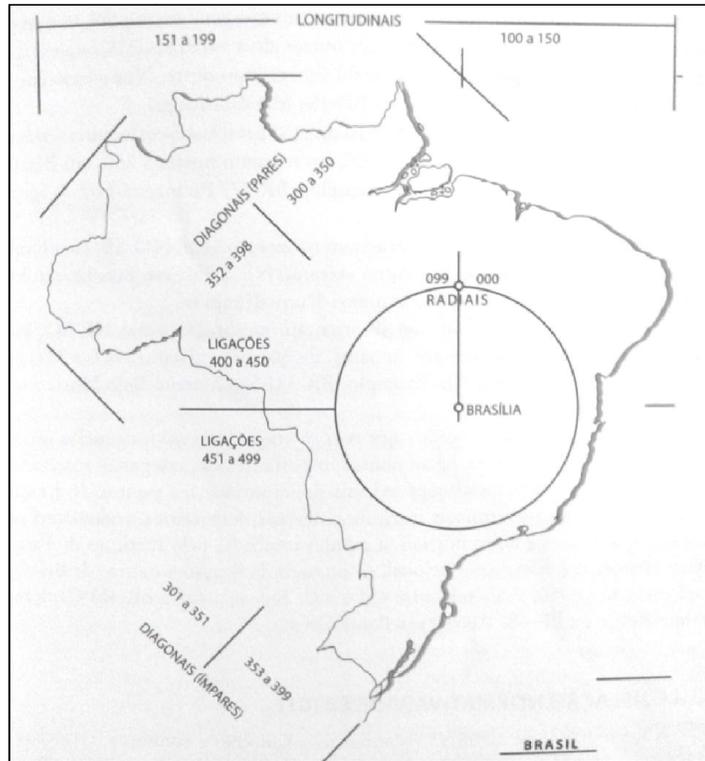
que depois foi complementada com os relatórios e com troca de correios eletrônicos dos representantes do DNIT dos estados do Pará e do Amazonas. Estas informações, catalogadas em planilhas organizadas por data do evento, local da interrupção (município, estado, coordenada geográfica), causa da interrupção da estrada e fonte da informação, são a base de dados que integram um sistema de informações geográficas. A sequência “desastre, impactos e resposta” foi utilizada como base para ler as notícias que reportam estas etapas que se desenvolveram no decorrer da percepção do desastre. Todas as fontes de dados reportam o que ocorreu como:

- a. Desastre (chuva intensa, cheia de rio);
- b. Impacto primário (interrupção de rodovia);
- c. Impactos secundários (ruptura de pavimento ou bueiros, isolamento, fila de veículos parados) e;
- d. Tipo de resposta (métodos de transporte alternativos pela água, desvios orientados pela polícia rodoviária federal).

O banco de dados foi construído para que possa ser enriquecido com pesquisas de campo e atualizado com facilidade permitindo um monitoramento constante do estado de conservação das rodovias de interesse. Cada uma das ocorrências de interrupção foi localizada com base na informação existente nas fontes, ainda que algumas vezes sem a contagem de quilômetros correta. Segundo manual técnico do DNIT (2014 - <http://www.dnit.gov.br/rodovias/rodovias-federais/nomeclatura-das-rodovias-federais>) e Antas et al. (2010), as rodovias federais são classificadas e nomeadas em radial, longitudinal, transversal, diagonal (par e ímpar) e de ligação. Isto possibilitou ratificar ou retificar a informação coletada. As rodovias radiais partem de Brasília para qualquer direção para ligação com as capitais estaduais ou ponto periféricos importantes, constando a sua nomenclatura de três algarismos, sendo o primeiro 0 (zero) e os outros dois segundo a posição em relação ao Norte, no sentido dos ponteiros do relógio. As rodovias longitudinais se orientam na direção Norte-Sul, com o primeiro algarismo característico 1 (um), variando os outros dois de 00, no extremo leste do país, passando por 50 em Brasília (ex. BR-153) e 99 no extremo oeste. As rodovias transversais seguem a mesma lógica, apresentando o primeiro algarismo 2 (dois) e variando de Norte (200) a sul (299). As rodovias diagonais pares orientam-se de Noroeste a Sudeste, variando de 300 no extremo Nordeste a 398 no extremo Sudoeste. A nomenclatura das

rodovias diagonais ímpares obedece à mesma lógica no sentido Nordeste - Sudoeste, variando do extremo noroeste (301) ao extremo sudeste (399) (Figura 3).

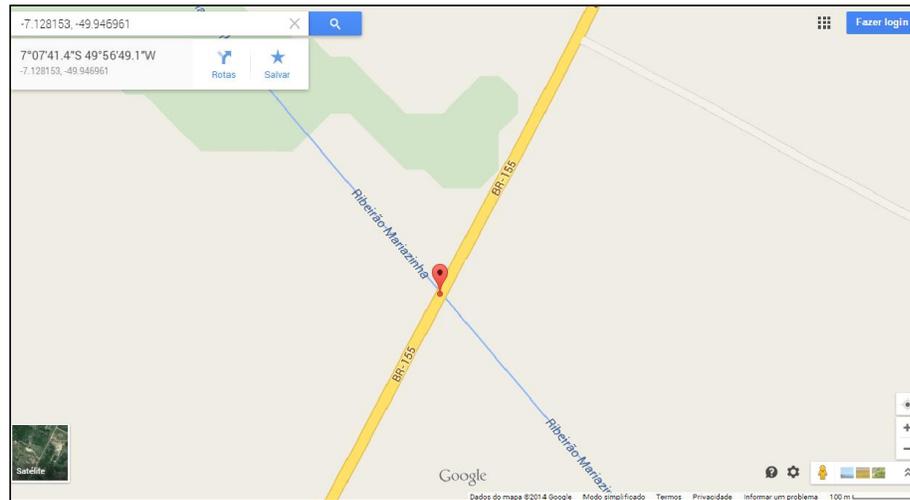
Figura 3. Orientação e nomenclatura de rodovias federais.



Fonte: Antas et al, 2010.

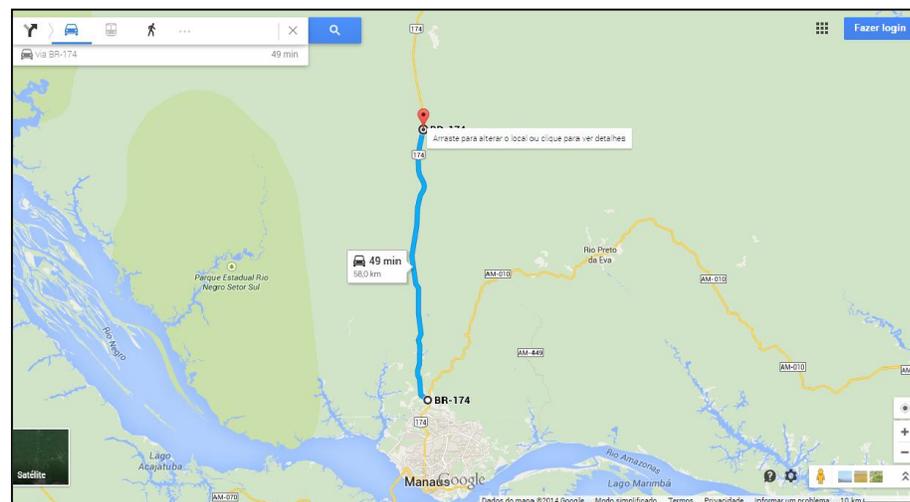
Com o software *Google Maps*, localizou-se o ponto de referência informado na descrição do evento. A interseção com corpos de água ou outras rodovias serviu para a localização do ponto, permitindo que sua coordenada fosse guardada. Como referência utilizou-se, por exemplo, a interseção de um rio com uma rodovia, se a ocorrência trata de uma ponte ou um sistema de tubos de bueiro de greide que passa por um rio ou afluente (Figura 4). Nos casos nos quais não havia rios ou corpos de água próximos ao ponto de interesse, a investigação utilizou a ferramenta “Rotas” para localizar este ponto utilizando o km de referência relatado na fonte da informação como a distância entre o começo da contagem de km da rodovia e este ponto (Figura 5).

Figura 4. Obtenção de coordenada para elaboração de mapas



Fonte: Google Maps, 2014.

Figura 5. Obtenção de coordenada com ferramenta "Rotas" do Google Maps.



Fonte: Google Maps, 2014.

Os mapas foram elaborados com os software ArcGIS e QGIS. Para a inserção de uma camada com pontos representando as coordenadas, estas foram escritas em bloco de notas com três colunas: código, latitude e longitude (Figura 6). Com este formato e esta disposição é possível representar graficamente em uma camada do arquivo no QGIS os pontos, bem como fornecer-lhes características de ícones que os diferenciem entre si. A classificação de eventos pelo tipo de interrupção se faz por meio da construção de cinco arquivos nomeado como “cortes rodovias” e caracterizados pelo tipo de evento originário: erosão (ER), ruptura de tubos (RT), ruptura de pontes (RP), inundação (IN) e atoleiros (AT). Cada um destes arquivos compõe um grupo de figuras, correspondente a uma camada no mapa. Assim, cada tipo de evento pode ser representado por um tipo de ícone, diferenciando no mapa a causa da

interrupção em cada ponto. Cada arquivo de texto (.txt) contém uma quantidade de coordenadas referentes ao tipo de evento, numeradas segundo a totalidade de casos. Este tipo de arquivo organiza em tabelas as coordenadas para serem inseridas nos *software* e gerar os mapas.

Figura 6. Coordenadas numeradas e classificadas para elaboração de mapa.



2.1.3. Avaliação de impacto de desastre natural sobre a infraestrutura

Os dados sobre os casos levantados são essenciais para a realização da avaliação dos impactos sobre a infraestrutura derivados da ocorrência de desastres naturais. Estes dados são inseridos em matrizes e tabelas comparativas para que possam ser classificados em atributos como: intensidade, magnitude, duração e consequências econômicas, traduzidas em custos. A definição de danos e conceitos importantes a respeito da ocorrência de desastres foi definida de acordo com critérios de avaliação de desastres do Centro de Pesquisa sobre a Ocorrência de Desastres (CRED, 2013) e baseado em manual de avaliação do impacto de desastres (CEPAL, 2003).

A análise e a avaliação do desastre são realizadas com base em matrizes de avaliação de impacto e na sucessão dos eventos que permite classificar os impactos decorrentes de um mesmo fenômeno natural. Esta sucessão de eventos refere-se à origem de cada um deles, que pode ou não ser relacionada com um impacto ocorrido antes. Estas matrizes funcionam baseadas em matrizes de avaliação de impactos de atividades humanas sobre o meio ambiente que, através da atribuição de símbolos com pesos distintos, objetivam classificar estes impactos (LEOPOLD, 1971; BOLZAN, 2010) ou, no caso estudado, de um desastre natural sobre as atividades humanas (Tabela 2). A Matriz de Leopold, com diversas variantes, tem sido utilizada em Estudos de Impactos Ambientais, procurando associar os impactos de uma determinada ação de um empreendimento com as diversas características ambientais de sua área de influência (MOTA e AQUINO, 2002).

nível decorrente do desastre estudado. Essa leitura fornece resultados que abastecem a matriz de avaliação de impacto onde o agente impactante é o desastre.

Tabela 3. Exemplo de quadro para o estudo da cadeia de eventos

| Cadeia de eventos | | | | |
|---------------------------|------------------------------------|------------------------|--|---|
| Desastre | Aspecto | Impacto | | |
| | | Nível 1 | Nível 2 | Nível 3 |
| Cheia do Rio Madeira | Inundação BR-364 | Interrupção de tráfego | Interrupção no desenvolvimento de atividades cotidianas | Estagnação socioeconômica em diversos setores |
| | | | Interrupção de Atividades Produtivas | Indisponibilidade de produtos |
| | | | Aumento de custo do transporte | Aumento do preço de produtos comercializados |
| | | | Ruptura de grandes trechos da rodovia | Custo de recuperação aumentado |
| | Inundação de produção agropecuária | | | |
| Inundação de ecossistemas | | | | |

Utilizando como desastre o fenômeno natural que inicia o processo (nível 1), como aspecto o impacto principal decorrente do fenômeno (nível 2), os impactos causados à população afetada são processados no seguinte nível da matriz (nível 3). São classificados todos os eventos, diferenciando aspectos e impactos e identificando em quais níveis de intensidade atingiram a sociedade. Como as atividades que são desenvolvidas naquela sociedade antes do desastre devem ser adaptadas, quando não são interrompidas completamente, estas devem ser consideradas como atividades e não como aspectos mesmo que causem algum tipo de impacto. Isto porque não são avaliados os impactos decorrentes das medidas adaptativas ou das respostas da sociedade para mitigar os efeitos negativos do desastre (ex. impactos provocados por utilização de meios de transporte alternativos). Além disto, o desastre produz aspectos e impactos que não são objeto de análise desta pesquisa, embora se atente para sua existência (ex. aspectos que afetam os ecossistemas na região inundada e as atividades agrícolas e pecuárias desenvolvidas).

Com a matriz então é realizada uma leitura da cadeia de eventos que ocorreu a partir do desastre. Há, portanto, uma inversão do funcionamento da matriz de Leopold (1971) para que o meio humano construído seja o impactado pelo meio natural, salientando-se aqui que a pesquisa não trata sobre a interessante discussão a respeito da ação humana, o quanto esta é influente no processo de mudanças climáticas e de que forma a mudança no comportamento do meio natural pode causar desastres que outrora não existiriam.

Uma vez que, na ocorrência de desastres naturais podem existir impactos na infraestrutura (rodovias) e no serviço (transporte), não sendo sempre verificada a existência de ambos, simultaneamente, a avaliação de impactos de desastres sobre a infraestrutura classifica-os de acordo com categorias de custos gerados para recuperar o trecho de elemento de infraestrutura de transporte. Para classificar estes custos foram elaborados quadros de avaliação que consistem em analisar o fluxo que o evento e sua recuperação seguiram, isto é, como se desenvolveu a interrupção e, em função desse modo, como se deu a recuperação (Tabela 4). É um processo desenvolvido com a combinação das matrizes de avaliação anteriormente citadas com aplicação da cadeia de eventos descritiva. Um impacto pode ter sido originado de maneira rápida ou lenta. Em cada um destes casos a recuperação pode ser rápida ou lenta, causando já uma variação de percurso de quatro possibilidades. Em cada um destes quatro caminhos de recuperação observam-se duas possibilidades de custos: alto ou baixo, tornando o impacto um evento com oito possibilidades de custos. Isto é parte do modelo de avaliação de custos.

Tabela 4. Método de aplicação do quadro de análise do dano à infraestrutura e sua categoria de custo.

| código do impacto | velocidade | | custo de recuperação | |
|--------------------------------------|--------------------------|-------------|----------------------|--|
| | interrupção | recuperação | | |
| descrição breve do agente impactante | Lenta (processo gradual) | Lenta | Baixo | |
| | | | Alto | |
| | | Rápida | Baixo | |
| | | | Alto | |
| | Rápida (processo brusco) | Lenta | Baixo | |
| | | | Alto | |
| | | Rápida | Baixo | |
| | | | Alto | |

Após a definição de cada um dos casos, segundo seu custo em função do tempo e da demanda daquela infraestrutura, se sintetiza em outra tabela o universo de casos, percebendo-se a utilidade da graduação de cores ao fazer a leitura conjunta. Cada caso foi colocado com a linha que foi preenchida na análise anterior, descartando as outras células e sendo identificada pelo código atribuído no texto para cada caso levantado (Tabelas 5 e 6), juntamente com seu impacto percebido em cada um (ex. erosão ou ruptura de bueiros).

Tabela 5. Exemplo de aplicação do quadro de análise de velocidade e custo de recuperação.

| 5.1.13 | Velocidade | | | | Custo de recuperação | |
|---|--|--|---|-------|----------------------|--|
| | Interrupção | | Recuperação | | | |
| Ruptura do sistema de bueiro com danos à estrutura do pavimento | Lenta (processo gradual) | | Lenta | Baixo | | |
| | | | | Alto | | |
| | | | Rápida | Baixo | | |
| | | | | Alto | | |
| | Rápida: chuva intensa enche uma microbacia que gera uma vazão além da vazão de projeto do tubo | | Lenta | Baixo | | |
| | | | | Alto | | |
| | | | Rápida: obra de reconstrução do trecho atingido | Baixo | | |
| | | | | Alto | X | |

Tabela 6. Exemplo de composição da tabela comparativa de custo de recuperação de infraestrutura.

| Tabela comparativa de custo de recuperação do dano à infraestrutura | | | | |
|---|----------------------------|--|-------------------------|-------|
| Evento | Impacto Percebido | Interrupção | Recuperação | Custo |
| 5.1.12 | ... | ... | ... | |
| 5.1.13 | Ruptura de parte de pontes | Percepção brusca. Breve descrição do tipo de interrupção detectada | Rápida. Breve descrição | Alto |
| 5.1.14 | ... | ... | ... | Baixo |

Duas variáveis são consideradas para a valoração mediante cores do custo de recuperação da infraestrutura como sendo custo baixo, custo alto e sem custo: o tempo e a demanda da via. Isto foi considerado porque, embora a análise de infraestrutura deva diferenciar-se da análise de interrupção do serviço oferecido, o custo de recuperação da infraestrutura de uma estrada com maior demanda deve ser maior por possuir um caráter emergencial, fazendo com que a contratação de fornecedores para execução dos serviços seja, baseado em lei, com menos exigências, assim como a necessidade de utilização da via faça com que, por vezes, sejam instalados dispositivos temporários como pontes móveis ou tubos metálicos, que aumentam os custos de recuperação.

A lista de serviços necessários para a recuperação da infraestrutura, bem como a complexidade deles é diferenciada dependendo do tipo de impacto que foi percebido (erosão, inundação, etc.). Por exemplo, uma estrada que foi danificada por um colapso de um sistema de bueiros de greide necessita da execução de drenagem, terraplenagem e pavimentação, que correspondem aos serviços de reconstrução da tubulação, reconstituição das camadas compactadas da sua estrutura e recolocação da última camada que, mais frequentemente é a camada asfáltica nas rodovias estudadas, respectivamente. Por outro lado, uma estrada que foi inundada necessita, na maior parte das vezes, de um ou nenhum serviço, dependendo o retorno de seu funcionamento apenas do comportamento do nível da água. Este método de leitura da ocorrência de desastres possibilita avaliar o cenário no qual se encontra a

infraestrutura contida na região amazônica do Brasil, através de diversos parâmetros e utilizando metodologia já aplicada à avaliação de impactos, ainda que em outro contexto. Os resultados obtidos e as discussões a respeito deles compõem capítulos específicos desta dissertação baseados na revisão bibliográfica e na pesquisa teórica realizada.

A matriz compara os diferentes impactos secundários decorrentes do aspecto principal e, por lógica, do desastre natural. Esta metodologia é passível de ser aplicada em cada caso levantado na medida em que considera todas as etapas constantes na cadeia de eventos de cada um deles. Especificamente se pode inclusive atribuir um grau de influencia de cada impacto percebido pela sociedade derivado daquele desastre. Desta maneira é possível fazer a leitura de qual setor da população ou em qual grau este será afetado. Para isto são estabelecidos atributos de avaliação de cada um dos impactos com base em Mota et al (2002) e Leopold (1971) (Tabela 7).

Tabela 7. Atributos de avaliação de impactos de desastres.

| Atributo | | Parâmetro de avaliação | | Valor |
|-------------|---|------------------------|---|-------|
| Nome | Definição | Nome | Significado | |
| MAGNITUDE | Extensão do impacto, através de uma valoração gradual que se dá ao mesmo, a partir de uma determinada ação do projeto | PEQUENA | Magnitude inexpressiva, não alterando a atividade humana considerada. | 1 |
| | | MÉDIA | Magnitude expressiva, porém sem alcance para alterar a atividade humana considerada. | 2 |
| | | GRANDE | Magnitude expressiva que pode levar à alteração da atividade humana considerada. | 3 |
| IMPORTÂNCIA | Indica a importância ou a significância do impacto em relação à sua interferência ao meio | NÃO SIGNIFICATIVA | Intensidade não significativa, com interferência do impacto não alterando a qualidade de vida da população. | 1 |
| | | MODERADA | Intensidade da interferência com dimensões recuperáveis, quando adversa, ou refletindo na melhoria da qualidade de vida, quando benéfica. | 2 |
| | | SIGNIFICATIVA | Intensidade da interferência acarreta perda definitiva da qualidade de vida, quando adversa, ou ganho definitivo, quando benéfica. | 3 |
| DURAÇÃO | Indica o tempo de permanência do impacto | CURTA | De duração breve, com possibilidade de reversão às condições anteriores ao desastre. | 1 |
| | | MÉDIA | Tempo médio de permanência do impacto, após o desastre. | 2 |
| | | LONGA | Tempo grande ou permanente, de permanência do impacto, após o desastre. | 3 |

Fonte: Mota et al, 2002.

A matriz de impactos derivados de um desastre (Tabela 8) então é preenchida com base em todos estes procedimentos. Atribuem-se valores para cada um dos aspectos e dos impactos e possibilita a comparação entre os seus resultados, classificando-os segundo o seu grau de influência. A matriz é, essencialmente, uma análise do desastre, na medida em que o

A matriz de avaliação de impactos de desastres envolve a definição de agente impactante e aspecto. A primeira corresponde ao principal impacto ou impacto de primeira ordem, o qual é percebido pela sociedade através da interrupção de um serviço. O aspecto corresponde a um ou mais impactos derivados do principal que têm a capacidade de gerar outros impactos, respectivamente. É importante notar que o agente impactante pode não ser aquele que é percebido, já que há casos nos quais os efeitos ou impactos derivados deste são os que afetam a sociedade. Como exemplo pode ser destacado o caso de uma rodovia inundada por uma cheia de rio, onde a inundação não é percebida pela sociedade, mas sim os efeitos que ela provoca (interrupção no transporte), considerando ainda que a inundação não é, tampouco, o fator gerador da cadeia de eventos, papel ocupado pela cheia do rio. Por outro lado, a inundação da rodovia é o agente impactante na medida em que pode ocorrer cheia de rio, mas se não houver uma rodovia inundada não há motivo de análise dos demais componentes no que se refere a infraestrutura e desenvolvimento.

Outros componentes da matriz são a duração dos impactos em relação à duração do desastre, custos e magnitude, sendo preenchidas com a informação apresentadas pelas tabelas comparativas descritas anteriormente. Neste ponto cabe destacar que as atividades que são impactadas são inseridas na matriz na coluna que nomeia e descreve os impactos. Cada atributo possui os graus numerados em 1, 2 e 3 para estabelecer um peso a cada um de seus valores. Caracterizam-se por cores os graus de influência na sociedade de cada um dos impactos resultantes, sendo verdes amarelos e vermelhos os graus baixo, médio e alto, respectivamente. Estes são atribuídos de acordo com a somatória dos valores obtidos com cada atributo de avaliação e classificados como baixo quando o valor estiver entre 3 e 4, como médio quando o valor estiver entre 5 e 7 e como alto quando o valor atingir 8 ou 9.

Os resultados da matriz, de acordo com a utilidade de matrizes, podem ser interpretados de duas maneiras: mediante a comparação com outra matriz similar ou por meio da comparação com ela mesma, ao ser analisada considerando todos os seus componentes e comparando-os entre si. Isto significa que ela pode representar uma análise comparativa entre dois desastres similares ou pode auxiliar na definição de detalhes como custos derivados de um desastre.

2.2. Caracterização da Área de Estudo

A região Norte do Brasil é formada pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins. Estes estados, que contêm bacias hidrográficas de grandes

proporções e com grande potencial de transporte hidroviário, apresentam uma malha rodoviária pouco densa se comparada às suas dimensões geográficas. A Amazônia Legal engloba os estados citados anteriormente mais os estados do Maranhão e do Mato Grosso (ATLAS NATIONAL GEOGRAPHIC, 2008). Além disso, a região Norte tem 16,3 milhões de habitantes¹, o que representa 8% da população do país. Em função da formação histórico-territorial da Amazônia, esta população reside em localidades sujeitas ao isolamento com o rompimento de estradas, geralmente concentrando-se próximo a rios e a demais corpos de água. Neste universo incluem-se populações dos centros urbanos e de comunidades rurais, uma vez que ambos estão sujeitos aos impactos decorrentes dos desastres.

A floresta amazônica ocupa aproximadamente 45% do território brasileiro e é formada por três tipos de mata: a de terra firme, a de igapó (sempre inundada) e a de várzea (que está sujeita a alagamentos esporádicos) (ATLAS NATIONAL GEOGRAPHIC, 2008). A região amazônica brasileira é um território heterogêneo dividido em seis estados e 310 municípios e ocupa uma área de 3.575.951 km², representando aproximadamente 40% do território do Brasil. Apesar da intensa exploração dos recursos naturais, 62% desta área é cobertura florestal original e cerca de 20% está já impactada. Além das florestas e de sua biodiversidade, a região concentra uma enorme quantidade de recursos minerais e tem se tornado, desde a década de 1980 a mais recente fronteira agrícola do país. (SZLAFSZTEIN, 2012).

Como sistema hidrogeológico, a bacia amazônica se destaca por ser a maior do mundo e por sua influência no clima do planeta e no ciclo do Carbono (RICHEY et al., 2002, MELACK et al., 2004). Ameaçam este sistema, além de pressões antrópicas, recentes cheias e secas extremas (CHEN et al., 2010, TOMASELLA et al., 2010; MARENGO et al., 2008), ventanias, movimentos sísmicos, erosão de solos, de margens de rios e de zonas costeiras, assim como incêndios naturais ou provocados (SZLAFSZTEIN, 2003; EGER e AQUINO, 2006; MAIA et al., 2008) que causaram importantes impactos sobre a população amazônica dependente dos rios para transporte, energia, alimentação (PAIVA, 2013).

Geologicamente, limita-se ao norte e ao sul com os escudos cristalinos brasileiros e das guianas, respectivamente. Ao longo da borda oeste o limite é com a Cordilheira dos Andes. O relevo amazônico apresenta geralmente altitudes máximas de 200 m contendo, porém, o ponto mais alto do país, o Pico da Neblina com 3014 m de altura. Baseadas nessa

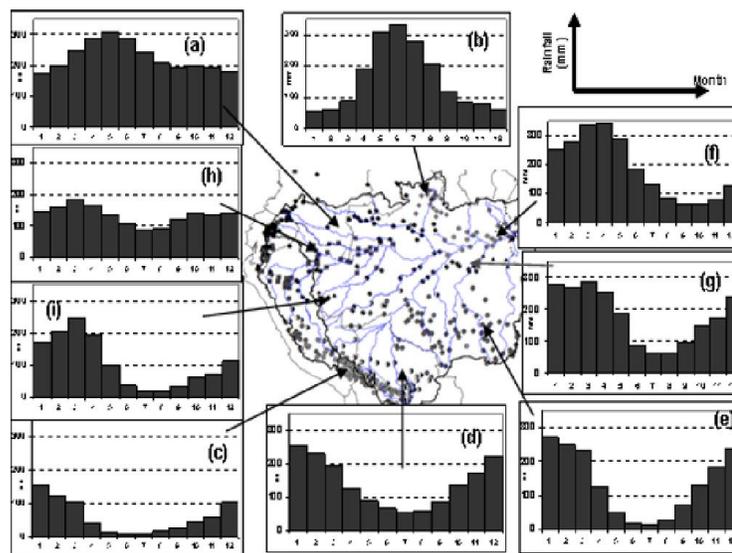
¹ Segundo dados do IBGE, 2013.

http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2013/estimativa_tcu.shtm

estrutura geológica existem as três unidades de relevo amazônicas: Planície de inundação (várzea), Planalto Amazônico e Escudos Cristalinos. Segundo o IBGE, o relevo encontrado no Brasil é classificado em sete categorias (planalto, planície, depressão, tabuleiro, chapada, patamar e serra) sendo o amazônico a depressão, que é semelhante à planície, mas está cercado por áreas mais altas e apresenta acúmulo de água (ATLAS NATIONAL GEOGRAPHIC, 2008).

As planícies de inundação são formadas por sedimentos pouco acima do nível das águas periodicamente. O planalto amazônico tem altitudes máximas de 200 m e é formado por sedimentos. É intensamente compartimentada por uma rede de drenagem de igarapés e rios, apresentando topografia acidentada. Os escudos cristalinos situam-se ao norte e ao sul da bacia sedimentar, muito nivelados com esta, de tal modo que o contato é apenas marcado pela zona das cachoeiras dos afluentes do rio Amazonas, apresentando esta área altitudes acima de 200 m (AMBIENTE BRASIL, 2014). A região se caracteriza por extensas várzeas alagáveis (HESS et al., 2009) com um complexo mecanismo de escoamento de água (ALSDORF et al., 2007), além de precipitações intensas com alta variabilidade espacial e temporal, apresentando regime hidroclimático contrastante em suas diferentes regiões (ESPINOZA et al., 2009) (Figura 7).

Figura 7. Variabilidade de períodos chuvosos na Amazônia.

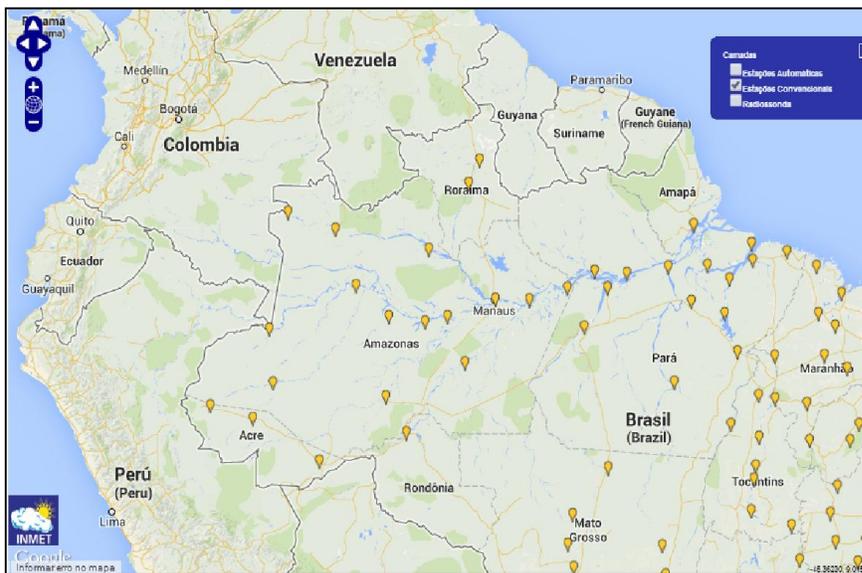


Fonte: ESPINOZA, 2014.

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) gerencia 104 estações meteorológicas na região Norte do Brasil, que estão distribuídas geograficamente nos estados não uniformemente, ou seja, não conseguem obter uniformidade de dados em determinadas áreas

dos territórios. Existem na região 44 Estações meteorológicas convencionais, distribuídas da seguinte forma: três no Acre, uma no Amapá, 14 no Amazonas, 16 no Pará, uma em Rondônia, duas em Roraima e sete no Tocantins (Figura 8).

Figura 8. Estações meteorológicas convencionais nos estados amazônicos.



Fonte: INMET, 2014.

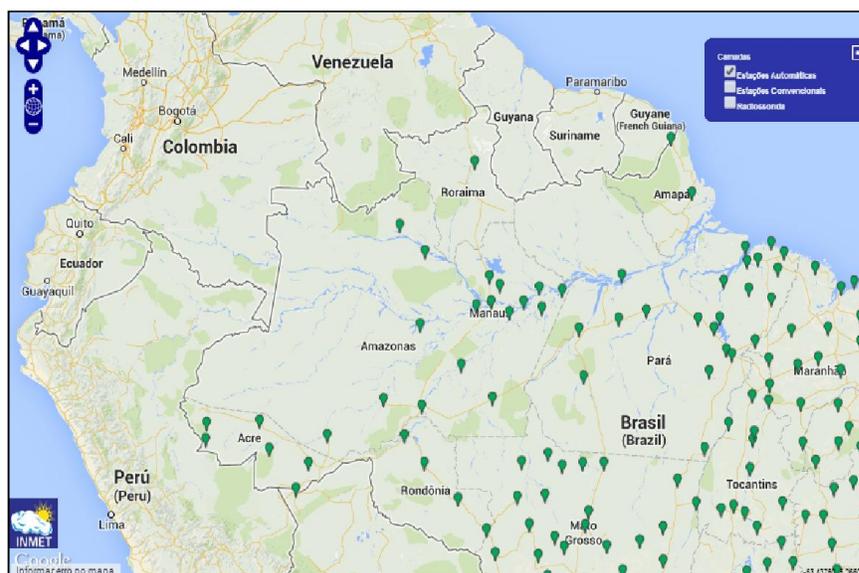
Existem 60 estações meteorológicas convencionais nos estados amazônicos, sendo cinco no Acre, duas no Amapá, 17 no Amazonas, 22 no Pará, quatro em Rondônia, uma em Roraima e nove no Tocantins (Figura 9 e Tabela 9). As estações, por questões logísticas, localizam-se ao longo dos eixos rodoviários, o que para o presente estudo representa a vantagem dos dados serem próximos de rodovias, embora se saiba que inundações por precipitação podem impactar áreas que diferem da ocorrência da chuva.

Tabela 9. Estações Meteorológicas na Região Norte.

| Estações Meteorológicas na Região Norte | | |
|---|----------------------|--------------------|
| Estado | Estação convencional | Estação automática |
| Acre (AC) | 3 | 5 |
| Amapá | 1 | 2 |
| Amazonas | 14 | 17 |
| Pará | 16 | 22 |
| Rondônia | 1 | 4 |
| Roraima | 2 | 1 |
| Tocantins | 7 | 9 |
| Total | 44 | 60 |

Fonte: INMET, 2014.

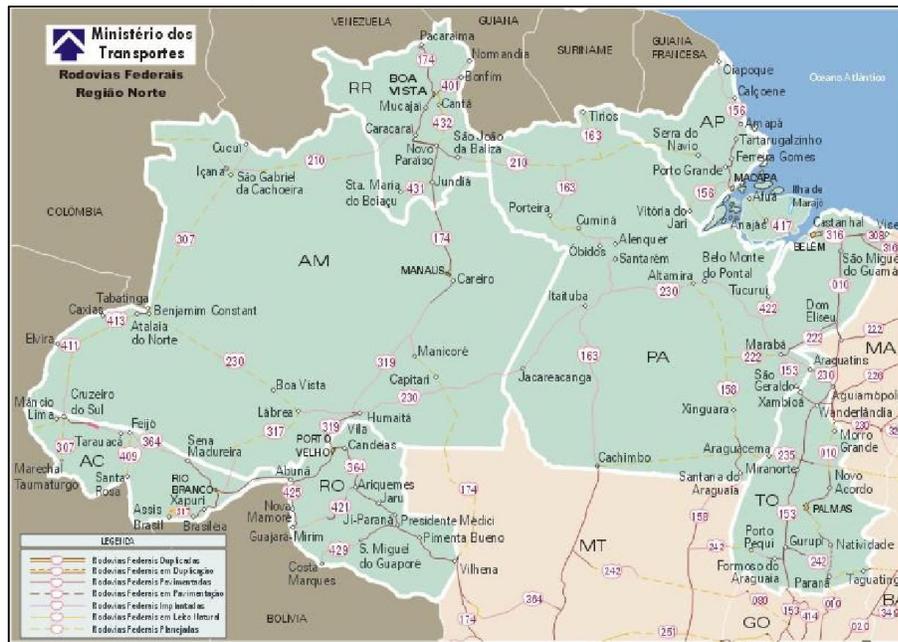
Figura 9. Estações meteorológicas automáticas nos estados amazônicos.



Fonte: INMET, 2014.

A possibilidade de integração com hidrovias, de acordo com suas características naturais, é o que torna a região interessante do ponto de vista logístico para o país. Um exemplo disto é a intermodalidade entre a rodovia BR-163 com o sistema fluvial composto pelos rios Tapajós e Amazonas, no Pará. As rodovias, embora questionadas quando se discute desenvolvimento sustentável pelo fato de representarem eixos de desmatamento, devem ser pensadas pelo planejamento para contribuir com o máximo de seu potencial econômico ao desenvolvimento, visto que a malha viária já existe e não se discute a implantação, mas a gestão da mesma. Exemplos da integração proporcionada pelas rodovias federais amazônicas são as conexões existentes em Paracaima (RR) com a Venezuela e de Assis Brasil (AC) com o Peru.

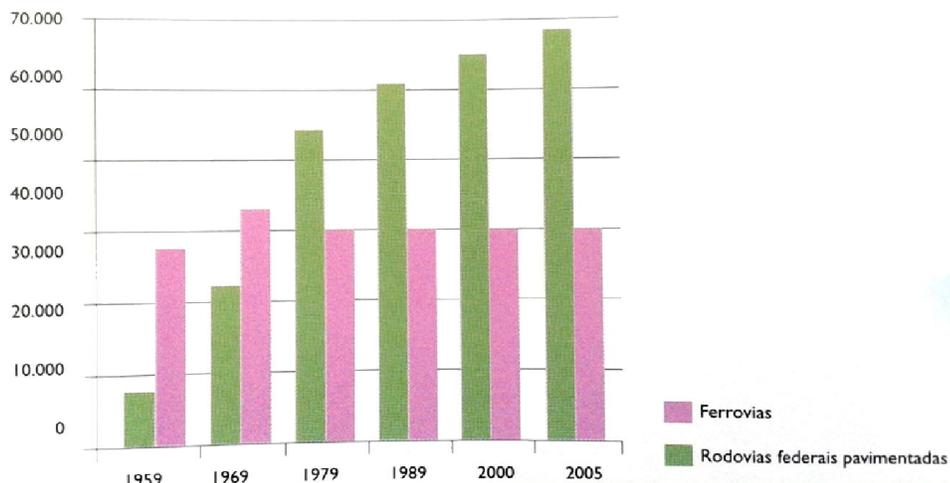
Figura 10. Rodovias na região Norte do Brasil.



Fonte: Ministério dos Transportes, 2014.

As rodovias são o principal meio de transporte no país, somando 1,6 milhão km². Deste total, 195 km² são asfaltados. Mas a maior parte se encontra em condições precárias. Nos anos 1990 começou o programa de privatizações e concessões do setor, o que melhorou as condições de algumas estradas sob a condição de pagamento de pedágio por parte de usuários e considerando que isto não ocorre ainda na Amazônia. As ferrovias, que superavam a extensão das rodovias até os anos 1960 (Figura 11) pararam de expandir-se. Outra via de transporte existente na região é a hidroviária, que só nas duas últimas décadas começou a receber mais investimentos (ATLAS NATIONAL GEOGRAPHIC, 2008).

Figura 11. Evolução da malha terrestre de transportes no Brasil (km).



Fonte: Atlas National Geographic: Brasil, 2008.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Definições, planos e formas de avaliar o Desenvolvimento

O desenvolvimento de uma sociedade é o conjunto de todos os fatores que contribuem para que esta consiga se estabilizar e realizar todas as atividades inerentes à sua existência em um determinado local. Brevemente, economia pode ser definida como a interação entre a produção, a distribuição e o consumo de mercadorias, enquanto que sociedade entende-se como o conjunto de relações entre pessoas e populações em um determinado local para sobreviver em conjunto. Desta forma, pode ser este conceito analisado através de dois componentes principais: o desenvolvimento econômico e o desenvolvimento social ou humano.

O desenvolvimento econômico se diferencia do crescimento econômico na medida em que não se preocupa apenas com variáveis quantitativas da economia para sua avaliação. As variáveis quantitativas são os indicadores da capacidade produtiva de uma população (ex. produto interno bruto e produto nacional bruto). Por outro lado, as variáveis qualitativas são medidas por indicadores sociais (ex. índice de desenvolvimento humano, índice de pobreza). Portanto, é o crescimento econômico é o aumento da capacidade produtiva da sociedade, sendo este um conceito de menor complexidade que não considera a economia informal. O desenvolvimento econômico é definido como uma melhoria nos padrões de moradia, de autoestima e de escolha sobre o modo de viver (TODARO, 2011). Neste ponto é relevante a relação entre os conceitos de desenvolvimento econômico e social para estabelecer o conceito de desenvolvimento de uma sociedade. A mais precisa ferramenta para se medir o desenvolvimento econômico é o índice de desenvolvimento humano, que considera fatores contribuintes para a capacidade de produção (ex. expectativa de vida) e que podem influenciar o crescimento econômico. Isto leva a que mais oportunidades de trabalho e educação sejam criadas, acesso a tratamentos de saúde seja menos difícil, se gere empregos e se preserve o meio ambiente. Desta maneira o desenvolvimento econômico leva a que pessoas consigam migrar de uma condição precária de qualidade de vida a um *status* mais sustentável no que diz respeito ao se emprego, sua educação e sua saúde. Destaca-se que o crescimento econômico não considera a devastação, o desmatamento e outras formas de depredação do meio natural, ao contrário do desenvolvimento econômico, eu considera todas estas questões e estabelece discussões entre as nações a respeito de questões como aquecimento global relacionado às emissões e à retirada da camada vegetal (CARRUTHERS e BABB, 2000).

O desenvolvimento social (ou, neste caso, o desenvolvimento humano) foca na necessidade de colocar as pessoas em primeiro lugar nos processos de desenvolvimento, tratando da promoção do potencial das pessoas, do aumento de suas possibilidades e do desfrute da liberdade de viver a vida como cada um se sinta melhor, assim como a inclusão, a coesão, a resiliência, a segurança da cidadania são os princípios operacionais que define o desenvolvimento social sustentável. Desta forma compreende-se a influencia da ocorrência de desastres nos indicadores de desenvolvimento em uma sociedade. Garantir esta sustentabilidade social requer o estudo de uma gama completa de áreas que envolvem as oportunidades sociais, riscos e impactos. O desenvolvimento social inclui os pobres e excluídos no processo de desenvolvimento e cuida da complexidade das relações entre sociedades, estados e comunidades neste processo. Os agentes envolvidos trabalham com governos locais, comunidades, sociedade civil e o setor privado para ajudar a promover um estado de equilíbrio no qual exista acessibilidade, respostas e responsabilidade direcionadas aos cidadãos (BANCO MUNDIAL, 2014).

O desenvolvimento humano, baseado na Declaração Universal Dos Direitos Humanos de 1948, é um conceito paralelo ao desenvolvimento econômico no sentido de se buscar em uma sociedade o equilíbrio entre os dois para que a qualidade de vida seja aceitável. É definido como o processo pelo qual uma sociedade melhora a vida de seus cidadãos através de um aumento de bens com os quais pode satisfazer suas necessidades básicas e complementares, assim como a criação de um entorno que respeite os direitos humanos de todos. Também é considerado como quantidade de opções que tem um ser humano em seu próprio meio, de ser ou fazer o que deseja. Além disto, influencia na qualidade de vida no meio no qual esta se desenvolve, sendo uma variável chave para a gestão de um país ou região, assim como para sua avaliação (PNUD. 2014).

Segundo a Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OECD), o desenvolvimento regional é um conceito amplo, mas que pode ser visto como um esforço geral para reduzir disparidades regionais através do estímulo atividades econômicas nestas regiões (geração de emprego e riqueza). No passado, as políticas de desenvolvimento regional tendiam a tentar alcançar estes objetivos através apenas de construção de infraestrutura de larga escala para atrair investimentos externos. A consciência de necessidade de uma nova abordagem se evidenciou depois que estas políticas falharam no que diz respeito a reduzir disparidades e não conseguiram ajudar regiões subdesenvolvidas isoladas a melhorar sem

considerar os investimentos públicos destas regiões, resultando em potencial econômico não utilizado e coesão social enfraquecida (OECD, 2015).

3.2. Instituições e o tema do Desenvolvimento no Brasil

No Brasil, institucionalmente, o desenvolvimento (econômico) é um assunto tratado pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, criado pela Medida Provisória nº 1.911-8, de 29/07/1999 - DOU 30/07/1999, que tem como área de competência os seguintes assuntos: Política de desenvolvimento da indústria, do comércio e dos serviços; Propriedade intelectual e transferência de tecnologia; Metrologia, normalização e qualidade industrial; Políticas de comércio exterior; Regulamentação e execução dos programas e atividades relativas ao comércio exterior; e Aplicação dos mecanismos de defesa comercial; Participação em negociações internacionais relativas ao comércio exterior. A este Ministério estão vinculadas as seguintes entidades: Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA); Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI); Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO); Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Somam-se às organizações vinculadas citadas as entidades privadas sem fins lucrativos que celebram Contrato de Gestão com o MDIC e recebem recursos para a realização de ações de interesse público, são elas: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e Agência Brasileira de Promoção de Exportação e Investimento (Apex-Brasil).

O Ministério da Integração Nacional (MI), conforme disposto na Medida Provisória n.º 103, de 1º de janeiro de 2003, convertida na Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003, tem a sua atual estrutura regimental aprovada pelo Decreto nº 8.161 de 18, de dezembro de 2013, que estabeleceu as seguintes competências para a instituição: formulação e condução da Política Nacional de Desenvolvimento Regional - PNDR; formulação dos planos e programas regionais de desenvolvimento; estabelecimento de estratégias de integração das economias regionais; estabelecimento das diretrizes e prioridades na aplicação dos recursos dos programas de financiamento de que trata a alínea "c" do inciso I do art. 159 da Constituição Federal; estabelecimento das diretrizes e prioridades na aplicação dos recursos do Fundo de Desenvolvimento da Amazônia e do Fundo de Desenvolvimento do Nordeste; estabelecimento de normas para cumprimento dos programas de financiamento dos fundos constitucionais e das programações orçamentárias dos fundos de investimentos regionais; acompanhamento e avaliação dos programas integrados de desenvolvimento nacional; defesa

civil; obras contra as secas e de infraestrutura hídrica; formulação e condução da política nacional de irrigação; ordenação territorial; e obras públicas em faixas de fronteiras.

Em 28 de julho de 2014, em decorrência da nova estrutura regimental do Ministério da Integração Nacional, foi publicada a Portaria Min^o270, de 28 de julho de 2014, que atualiza o Regimento Interno do MI. Esta legislação detalha as unidades administrativas integrantes da estrutura regimental do MI, as áreas de jurisdição das suas unidades descentralizadas, e especifica suas respectivas competências, além de definir as atribuições de seus dirigentes (INTEGRAÇÃO REGIONAL, 2015a).

Vinculada ao Ministério da Integração Regional, a Secretaria de Desenvolvimento Regional (SDR) é responsável pela gestão da Política Nacional de Desenvolvimento Regional (PNDR) e pela condução dos programas e projetos de promoção do desenvolvimento regional nas escalas macro, micro e sub-regionais. É composta por dois departamentos, o de Gestão de Políticas de Desenvolvimento Regional e o de Gestão de Programas de Desenvolvimento Regional, que atuam de maneira integrada, garantindo a convergência de estratégias e objetivos nas fases de planejamento e execução das ações e projetos de desenvolvimento regional e local. Entre suas ações e objetivos, destacamos a promoção do desenvolvimento da faixa de fronteira, o apoio à estruturação dos arranjos produtivos locais nas regiões menos desenvolvidas, a elaboração de planos regionais de desenvolvimento, a organização do Prêmio Nacional de Desenvolvimento Regional, a construção do observatório do desenvolvimento regional e a preparação de eventos como a Conferência Nacional do Desenvolvimento Regional. No âmbito do Plano Brasil Sem Miséria, a Secretaria de Desenvolvimento Regional coordena o programa Água para Todos, contribuindo efetivamente para a erradicação da pobreza extrema e a redução das desigualdades intra e inter-regionais no Brasil.

A formulação da PNDR é parte do esforço de retomada, no Brasil, do planejamento em geral e de políticas regionais em particular, desde a segunda metade dos anos 1990. A política regional é retomada de forma mais densa, no entanto, a partir de 2003, com o lançamento da proposta da Política Nacional de Desenvolvimento Regional pelo Ministério da Integração Nacional, institucionalizada em 2007. A PNDR explicita dois objetivos primordiais: reverter a trajetória das desigualdades regionais e explorar os potenciais endógenos da diversa base regional brasileira. Além do pleito por recursos substantivos, via Fundo Nacional de Desenvolvimento Regional – FNDR, em negociação no âmbito da PEC da

Reforma Tributária, são os seguintes pressupostos principais daquela Política: I. A PNDR teria abrangência nacional, em múltiplas escalas geográficas, já que as desigualdades regionais no Brasil se manifestavam não apenas entre as macrorregiões, mas também de modo intrarregional em todo o território. II. Era necessário recriar a estrutura institucional regional desmantelada pelos governos anteriores – SUDENE, SUDAM e SUDECO. III. Dado que o desenvolvimento regional é tema transversal, cumpria articular a política regional com a ação de órgãos setoriais federais de Governo com o setor produtivo e a sociedade civil organizada. Quanto ao arranjo de articulação institucional para implantação da PNDR, o documento original (2003) propôs três escalas de coordenação, em nível federal, macrorregional e sub-regional: I. Em nível federal, criação da Câmara de Políticas de Integração Nacional e Desenvolvimento Regional – CPDR e do Comitê de Articulação Federativa (CAF), ambos presididos pela Casa Civil da Presidência da República. II. Em nível macrorregional, para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, é ressaltada a importância dos planos estratégicos de desenvolvimento e da recriação das superintendências regionais, extintas em gestões anteriores. III. O nível sub-regional seria de responsabilidade dos fóruns e agências de desenvolvimento, que responderiam pela articulação e coordenação dos programas sob governança do ministério nos espaços prioritários da Política. A PNDR, portanto, tem como objetivos principais sustentar uma trajetória de reversão das desigualdades inter e intrarregionais, valorizando os recursos endógenos e as especificidades culturais, sociais, econômicas e ambientais; e criar condições de acesso mais justo e equilibrado aos bens e serviços públicos no território brasileiro, reduzindo as desigualdades de oportunidades vinculadas ao local de nascimento e moradia. (PNDR, 2012)

Em sintonia com as recentes mudanças no cenário nacional e internacional, em que o Estado deixa de ser o provedor absoluto de bens e serviços públicos e responsável único pela promoção do desenvolvimento econômico e social, e passa a adotar estratégias de descentralização, novos atores e arranjos institucionais começam a participar do processo de desenho e implementação de políticas públicas. Além disso, a Constituição Federal de 1988 avançou no sentido da descentralização e participação da sociedade civil e, ao tratar da regionalização, permitiu a articulação da União sobre complexos geoeconômicos e sociais, com vistas ao desenvolvimento regional e à redução das desigualdades. Nesse contexto, foram criadas as Regiões Integradas de Desenvolvimento - RIDEs, como mais uma forma de construção de redes de cooperação. Por envolver municípios de mais de uma Unidade da Federação, a RIDE é uma forma de ação mais ampla que a prevista nas Regiões

Metropolitanas. Estes elementos têm como objetivo articular e harmonizar as ações administrativas da União, dos Estados e dos Municípios para a promoção de projetos que visem à dinamização econômica de territórios de baixo desenvolvimento e assim, acabam conseguindo prioridade no recebimento de recursos públicos destinados à promoção de iniciativas e investimentos que reduzam as desigualdades sociais e estejam de acordo com o interesse local acordado entre os entes participantes; esse consenso é fundamental, pois a criação de uma RIDE envolve a negociação prévia entre os estados envolvidos sobre questões como os limites e municípios da região, os instrumentos necessários, os objetivos e a adequação às necessidades específicas de gestão.

Os recursos públicos destinados às RIDEs visam promover o seu desenvolvimento global e se destinam a: sistema viário, transporte; serviços públicos comuns; geração de empregos e capacitação profissional; saneamento básico; uso, parcelamento e ocupação do solo; proteção ao meio-ambiente; aproveitamento de recursos hídricos e minerais; saúde e assistência social; educação e cultura; produção agropecuária e abastecimento alimentar; habitação popular; combate a causas de pobreza e fatores de marginalização; serviços de telecomunicação; turismo e segurança pública. As RIDEs contam com um Conselho Administrativo da Região Integrada de Desenvolvimento (COARIDE) para coordenar e decidir sobre a execução de programas e projetos de interesse da Região Administrativa. Seus membros são representantes da União, estados e municípios integrantes. A lei de criação prevê um Programa Especial de Desenvolvimento para a Região Integrada, com as ações de desenvolvimento, os instrumentos para tratar dos serviços e tarifas comuns, e o envolvimento institucional, com as parcerias entre o setor público e a sociedade civil.

Outra instituição atenta ao desenvolvimento regional é o Observatório do Desenvolvimento Regional (ODR) é um sistema de acesso público, analítico, moderno e inovador, que reúne diversas informações georreferenciadas, fornecidas por órgãos e institutos de pesquisas do Governo Federal. ODR foi desenvolvido com o objetivo de aprimorar a avaliação, o monitoramento e, conseqüentemente, a gestão da PNDR. Ele é, portanto, um instrumento importante no aperfeiçoamento constante da PNDR e de orientação para as ações transversais do governo federal. Trata-se de um instrumento de controle social e confere transparência na gestão dos recursos públicos, atendendo a crescente demanda da sociedade brasileira. E vai além, pois se constitui em uma ferramenta de pesquisa das ações do governo federal disponível para a sociedade que, através de suas análises, deve interagir e

colaborar com o poder público para aperfeiçoar os seus gastos e tornar mais eficientes suas ações.

Gestores, pesquisadores, e sociedade civil, podem mapear e avaliar, de forma precisa, o desenvolvimento regional em diferentes, bem como entender melhor as diversas e complexas dimensões da desigualdade do país, seja no âmbito macrorregional ou intrarregional. Portanto, é um recurso que permite uso diverso e continuamente, possibilitando compreender os processos ocorridos nas distintas porções do território nacional e o resultado dessas dinâmicas. O ODR permite análises por meio da geração de mapas, gráficos e tabelas. É possível acompanhar, mapear e fazer análises evolutivas de uma região do país. Além disso, fazer comparações entre unidades da federação, macrorregiões, ou determinadas regiões específicas, como as regiões prioritárias - faixa de fronteira e semiárido. É possível também monitorar a evolução de indicadores sociais ou o histórico dos financiamentos dos Fundos Constitucionais (INTEGRAÇÃO REGIONAL, 2015b).

3.3. Noções sobre desenvolvimento regional na Amazônia

O desenvolvimento regional tem como princípio básico a busca pela redução das disparidades regionais, através do estímulo a atividades econômicas, entretanto o desenvolvimento regional da Amazônia vai muito além, pois é uma região que tem sido foco da atenção nacional e internacional, sendo necessário lidar com a dualidade de interesses: preservação dos recursos naturais e atendimento às necessidades da sociedade.

Conforme ressalta o Plano Amazônia Sustentável (2008) “Aos desafios impostos ao crescimento econômico, de um lado adiciona-se a necessidade de conciliação das soluções dos problemas nacionais com as exigências da economia global e, de outro, a necessidade de que as soluções econômicas sejam ambientalmente sustentáveis”.

Dessa forma, o Plano Amazônia Sustentável – PAS, busca se diferenciar dos planos anteriores de desenvolvimento para a região, e traz diretrizes que devem ser cumpridas para alcançar o desenvolvimento regional sustentável da Amazônia: a) Requer ordenamento territorial e gestão ambiental, através de através do ordenamento e planejamento territorial, de assentamentos rurais e regularização fundiária, da proteção de unidades de conservação e terras indígenas, do monitoramento e controle ambiental; b) Demanda uma produção sustentável com inovação e competitividade, com o desenvolvimento de instrumentos de fomento à produção sustentável, com o manejo florestal, com o incentivo à produção agropecuária, com a utilização econômica da fauna (pesca, aquicultura, outros), através do

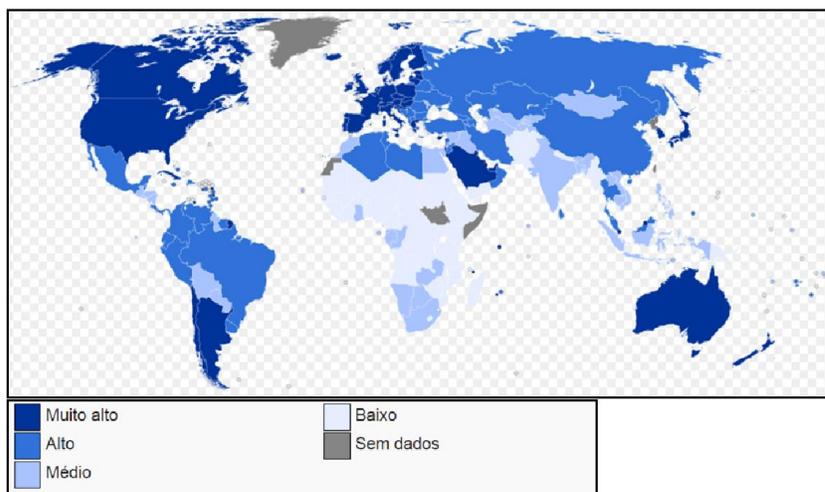
turismo ecológico, da produção mineral e industrial; c) necessita de infraestrutura para o desenvolvimento sustentável, com destaque para a infraestrutura energética, logística e de comunicações; e d) demanda inclusão social e cidadania, através de investimentos em educação, saúde, saneamento, segurança pública, assistência e previdência, valorização da diversidade cultural e políticas de igualdade de gênero. A ideia que se tem sobre desenvolvimento na Amazônia, portanto, depende de uma teia de ações que devem ser realizadas nas diferentes escalas do poder, para que de fato seja possível alcançá-lo.

3.4. Avaliação de desenvolvimento

O desenvolvimento em uma localidade ou de uma sociedade pode ser avaliado segundo critérios de acordo com os indicadores que se deseja avaliar. Desta forma, existem avaliações que são baseadas em quantificação econômica daquela sociedade (ex. capacidade de produção medida em produto interno bruto, produto interno bruto per capita, etc.). Por outro lado, o desenvolvimento, ao ser composto também pela variável humana ou social, também pode ser avaliado pelos indicadores que se referem à qualidade de vida dos indivíduos que vivem naquela região que se quer avaliar. Assim, o desenvolvimento regional é avaliado por meio d análise dos componentes econômico e social da região em estudo que, no presente trabalho, é a região Norte do Brasil.

O IDH, que foi desenvolvido em 1990 pelos economistas Amartya Sen e Mahbub ul Haq, vem sendo usado desde 1993 pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) no seu relatório anual. Tendo como objetivo de existência a erradicação da pobreza no mundo, o PNUD avalia o desenvolvimento humano nos locais onde atua através da elaboração de dois indicadores principais: o índice de desenvolvimento humano (IDH) e o índice de pobreza multidimensional (MPI – *Multidimensional Poverty Index*). O IDH é uma medida comparativa usada para classificar os países segundo seu grau de desenvolvimento humano em três faixas: países desenvolvidos, países em desenvolvimento e países subdesenvolvidos (Figura 12). A estatística é composta a partir de dados de expectativa de vida ao nascer, educação e Produto Interno Bruto (PIB) per capita (como indicador de padrão de vida). O IDH também é usado ara medir o desenvolvimento de entidades subnacionais como estados, cidades, aldeias, etc.

Figura 12. Mapa do Índice de Desenvolvimento Humano em 2013.



Fonte: PNUD, 2014.

3.5. Os planos de desenvolvimento do governo baseados em infraestrutura

Os investimentos necessários à construção e à manutenção da infraestrutura de transporte para uma extensa superfície, como a brasileira – da ordem de 8,5 milhões de quilômetros quadrados – são de grandes proporções. Em torno da tomada de decisão sobre investimentos em infraestrutura de transporte, variáveis relacionadas ao crescimento e ao desenvolvimento são estimuladas e devem ser objeto de avaliação, tais como: distribuição demográfica, impacto ambiental, exploração econômica e sustentada dos recursos locais, habitação, saúde, educação e acessibilidade da população e presença do Estado como agente regulador, em termos amplos. O Estado brasileiro é essencial para que sejam realizados investimentos diretos, como também formuladas as políticas que promovam, incentivem e fomentem as iniciativas dos vários agentes envolvidos do setor público e do setor privado (SILVA e NETTO, 2010). Para isso, o Governo Federal do Brasil dispõe nos dias atuais de instrumentos como: o Plano de Aceleração do Crescimento – PAC, o Plano Nacional do Crescimento 2 – PAC 2 e o Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT (PNLT, 2007). Estes planos resultam em escolhas da palheta de projetos necessários ao desenvolvimento do país e os empreendimentos relacionados e consequente definição de prioridades. Para que esses tragam o retorno desejado em crescimento e desenvolvimento é necessário que sejam ordenados segundo prioridades determinadas por meio de análise criteriosa de grande parte das suas externalidades.

3.5.1. Histórico e atualidade dos planos de desenvolvimento

As raízes do planejamento governamental no Brasil datam do século XIX, sobretudo a partir de 1890. Nesse período, o governo (República Velha) institucionalizou um plano geral, conhecido como Plano de Viação, que deu os primeiros passos rumo à sistematização da coordenação das contas públicas do país. Posteriormente (fim do séc. XIX), em função dos desequilíbrios das contas públicas, o governo criou o Plano de Recuperação Econômico-Financeira, coordenado pelo então Ministro da Fazenda Joaquim Murinho. Entretanto, somente a partir do advento do Estado Novo, nos anos 30, é que o Brasil ingressa sistematicamente na adoção e concepção de planejamento governamental. Num primeiro momento, essa prática de planejamento inicia-se por meio de pequenas comissões e coordenações que, vinham para o país auxiliar governos e burocracias públicas na sistematização de planos, programas e projetos de ação, o que, posteriormente, transformou-se em atividade da Administração Pública Federal, responsável pela condução dos negócios públicos, pelos investimentos, pelo crescimento econômico e pelo desenvolvimento social (SOUZA, 2004).

Na década de 1970, o Brasil inicia período de grande crescimento e desenvolvimento econômico, capitaneado pela intervenção do Estado, por meio do planejamento econômico, tendo como base os altos níveis de crescimento do Produto Interno Bruto nacional. Assim, é a partir do I Plano Nacional de Desenvolvimento Econômico, o I PND, para o período de 1972-1974, que o país alavancou o seu padrão de crescimento econômico com base em investimentos em setores dinâmicos, como a construção e ampliação da infraestrutura do país, assim como a disseminação de política e da ideologia de desenvolvimento nacional, pautada na forte presença do Estado e de suas empresas públicas, estatais e sociedade RSP de economia mista (MARTINS, 1985). O I Plano Nacional de Desenvolvimento foi instituído pela Lei 5.727, promulgada em 4 de novembro de 1971. Na mesma época foi instituído o programa Metas e Bases para a Ação de Governo (1970-1974). Idealizado pelos ministros João Paulo dos Reis Velloso e Mário Henrique Simonsen, tinha como meta um crescimento econômico de 8% a 9% ao ano, inflação anual abaixo de 20% e um aumento de US\$ 100 milhões nas reservas cambiais. O principal objetivo do PND era preparar a infraestrutura necessária para o desenvolvimento do Brasil nas décadas seguintes, com ênfase em setores como transportes e telecomunicações, além de prever investimentos em ciência e tecnologia e a expansão das indústrias naval, siderúrgica e petroquímica. Para isso, articulava empresas estatais, bancos oficiais e outras instituições públicas na elaboração de políticas setoriais.

Assim, segundo economistas como Roberto Campos, o período ficou marcado como o ponto alto da intervenção do Estado na economia brasileira (ALMEIDA, 2006).

O II Plano Nacional de Desenvolvimento, também chamado II PND (1975 -1979), foi um plano econômico brasileiro, lançado no final de 1974. Foi instituído durante o governo do general Ernesto Geisel e tinha como finalidade estimular a produção de insumos básicos, bens de capital, alimentos e energia. O II PND foi uma resposta à crise econômica decorrente do primeiro choque do petróleo, no fim do chamado "milagre econômico brasileiro", período de 6 anos consecutivos com taxas de crescimento superiores a 10% ao ano. Os ministros João Paulo dos Reis Velloso, Mário Henrique Simonsen e Severo Gomes foram os principais arquitetos do plano, extremamente ambicioso, que visava enfrentar os problemas advindos do choque do petróleo e da crise internacional decorrente. Foi o último grande plano econômico do ciclo desenvolvimentista e provavelmente, o mais amplo programa de intervenção estatal na economia do país (MANTEGA, 1997).

Nos anos 1980-1985, em relação à queda do ritmo de investimentos e à diminuição de demanda, restringindo o crescimento da produção, o regime militar tenta alavancar a economia com a implantação do III Plano Nacional de Desenvolvimento (III PND), que concebeu diversas alterações em relação ao I e II PNDs, e, na prática, significou uma busca pelo equilíbrio do setor público/contas públicas, tentando controlar o déficit fiscal e a inflação (SOUZA, 2004).

Criado em 2007, no segundo mandato do presidente Lula (2007-2010), o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) promoveu a retomada do planejamento e execução de grandes obras de infraestrutura social, urbana, logística e energética do país, contribuindo para o seu desenvolvimento acelerado e sustentável. Pensado como um plano estratégico de resgate do planejamento e de retomada dos investimentos em setores estruturantes do país, o PAC contribuiu de maneira decisiva para o aumento da oferta de empregos e na geração de renda, e elevou o investimento público e privado em obras fundamentais. Nos seus primeiros quatro anos, o PAC ajudou a dobrar os investimentos públicos brasileiros (de 1,62% do PIB em 2006 para 3,27% em 2010) e ajudou o Brasil a gerar um volume de empregos da ordem de 8,2 milhões de postos de trabalho. Teve importância fundamental para o país durante a crise financeira mundial que iniciou em 2008, criando emprego e renda, o que por sua vez garantiu a continuidade do consumo de bens e serviços, mantendo ativa a economia e aliviando os efeitos da crise sobre as empresas nacionais. Em 2011, o PAC entrou na sua segunda fase,

com o mesmo pensamento estratégico, aprimorados pelos anos de experiência da fase anterior, mais recursos e mais parcerias com estados e municípios, para a execução de obras estruturantes que possam melhorar a qualidade de vida nas cidades brasileiras (PLANEJAMENTO, 2015).

Pela primeira vez em décadas, o país manteve um plano estratégico contínuo que resgatou o planejamento em infraestrutura, retomou investimento em setores estruturantes, fez renascer setores estagnados, redefiniu o papel do Estado como indutor do investimento e do setor privado como parceiro fundamental e construiu (e ainda constrói) a infraestrutura necessária para sustentar o desenvolvimento do Brasil (PAC, 2015a). O PAC 2 também foi diretamente responsável pelo baixo índice de desemprego já atingido no país, de 4,7% em outubro de 2014. Nos setores de obras de infraestrutura e de construção de edifícios foram 154,3 mil postos de trabalho gerados desde 2011 até 2014, chegando a quase 2 milhões de empregos diretos. O PAC 2 construiu (em parte) a infraestrutura logística, energética e social-urbana do país, preparando-o para um novo ciclo de desenvolvimento. Nos últimos quatro anos, os empreendimentos do PAC remodelaram grandes centros urbanos, adequando-os ao novo ciclo de inclusão que o Brasil vive desde 2003, com seus projetos de habitação, mobilidade urbana, saneamento, água para áreas urbanas, equipamentos públicos de saúde, educação, lazer e cultura. O Programa é responsável também pelos grandes projetos de transporte e energia, que possibilitam a redução dos custos de produção, elevando a competitividade dos produtos brasileiros e sustentando o crescimento do País.

A construção de portos, aeroportos, rodovias, hidrovias e ferrovias impulsionam o desenvolvimento, reduzem gargalos logísticos e promovem novas integrações regionais e dando mais acesso de pessoas e produtos aos grandes centros e ao mercado externo. Os investimentos contínuos em geração e transmissão de energia, exploração e refino de petróleo e gás natural e revitalização da indústria naval promovem o desenvolvimento econômico sustentável. (PAC, 2015b).

3.6. Definições de ameaça, de desastre e de danos

A definição de conceitos relacionados com a pesquisa é fundamental para sua realização. Risco é o produto da interação entre as decisões humanas e o ecossistema no qual as pessoas estão inseridas. A avaliação de riscos envolve a análise da probabilidade de ocorrência de um desastre decorrente da destruição ou a interrupção das atividades da rodovia. Este conceito envolve dois componentes principais: a ameaça natural e o preparo da

população. O primeiro corresponde à probabilidade de um fenômeno natural provocar consequências positivas ou negativas em um componente da sociedade que, correspondente ao segundo componente, possui um grau de preparo para lidar com aquele evento. Quanto maior for este preparo, menor será o risco do desastre. Ameaças são aqueles elementos presentes no meio físico que são nocivos ao Homem e são causados por forças alheias a ele (BURTON et al., 1993), sendo, mais especificamente, todos os fenômenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos que, por sua localização, severidade e frequência, têm o potencial de afetar humanos, suas estruturas ou suas atividades de maneira desfavorável (OEA, 2014).

As consequências de interrupções de infraestruturas como rodovias por ameaças naturais incluem o custo de qualquer trabalho de recuperação (ex. reparos de pontes; reconstrução ou recuperação de trechos rodoviários) bem como o custo econômico das viagens que foram interrompidas, sendo o primeiro pago pelo administrador da rodovia e o segundo absorvido pelos usuários. Os custos dos usuários dependerão da duração da interrupção, das maiores distâncias percorridas em rotas alternativas ou ainda de perdas derivadas da opção por adiar ou desistir da viagem. A probabilidade de um desastre de uma determinada magnitude ocorrer em um ano qualquer é incerta. Para alguns desastres específicos existe uma baixa probabilidade de um evento ter a magnitude suficiente para interromper a via, estando dessa forma a estimativa de probabilidade de fechamento limitada a dados históricos. Dessa maneira, somam-se aos aspectos subjetivos citados anteriormente a incerteza de tentar prever as ameaças (DALZIELL e NICHOLSON, 2001).

Segundo Szlafsztajn (2012), um desastre é qualquer interrupção no ciclo natural de desenvolvimento das atividades de qualquer pessoa, população, sociedade ou atividade econômica, entre outros componentes de uma sociedade. A relação entre desastre e risco de desastre, portanto, se dá pela maneira com a qual a sociedade lida com a probabilidade de ser afetada por uma ameaça, já que o risco pode ser menor se o preparo da população para receber aquela ameaça for maior, sendo o contrário também válido. O CRED, órgão focado no estudo da ocorrência de desastres da Universidade Católica de Louvain, na Bélgica, considera um evento um desastre quando pelo menos uma das seguintes condições é identificada: 10 ou mais pessoas tenham morrido em consequência a do evento; 100 ou mais pessoas tenham sido afetadas; Tenha sido declarada a situação de emergência pelas autoridades públicas; Tenha sido pedida a assistência internacional (CRED, 2009 - <http://www.emdat.be/criteria-and-definition>).

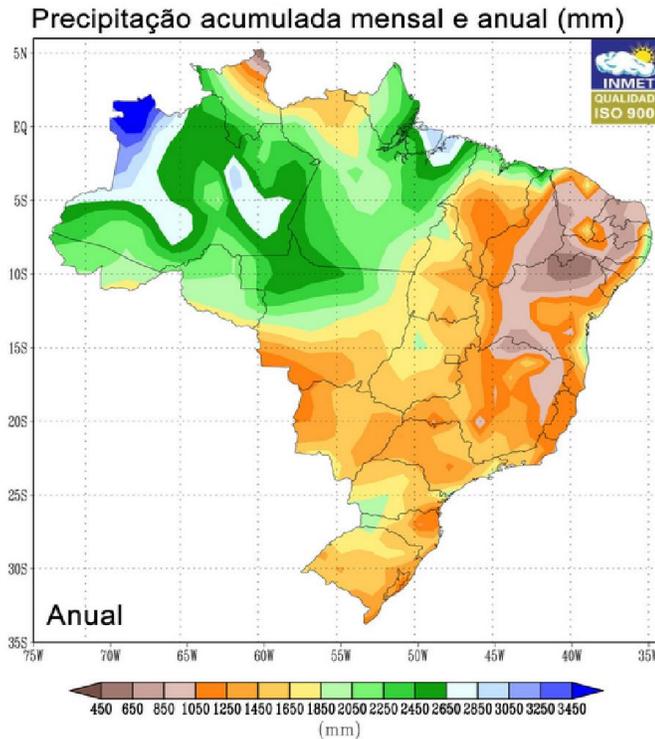
A severidade das perdas ou danos causados por um desastre depende da resiliência da população afetada ou de sua habilidade de recuperação (BANKOFF et al., 2003), além da magnitude, da frequência e da recorrência da ameaça e deficiência em programas de manutenção de infraestruturas. Dada à raridade de tais eventos, há uma incerteza quanto à capacidade dos responsáveis pela manutenção de estradas para responder de forma eficaz, e, portanto, quanto às estimativas de duração do fechamento da estrada. A duração da interrupção também é dependente das características particulares do evento. Por exemplo, se chove imediatamente depois de uma erupção vulcânica o depósito de cinzas será acelerado, fazendo com que essas cinzas sejam menos sujeitas à dispersão, mas, por outro lado, pode causar perigos aos usuários da estrada devido à lama de cinzas escorregadia, causando talvez acidentes. A incerteza em relação a tais fatores aumenta a incerteza sobre as estimativas de duração encerramento. (DALZIELL e NICHOLSON, 2001).

Na Amazônia existem ameaças que podem se tornar desastres e que estão relacionadas com fenômenos hidroclimatológicos (ex. enchentes e secas), movimentos sísmicos (oeste da região), ventanias, erosão de solos de terra firme, de margens de rios e de zonas costeiras, compondo o grupo de ameaças às quais a população amazônica está suscetível. Os desastres de origem em causas naturais na região são cada vez mais frequentes e intensos, destacando-se os eventos de secas e inundações (MARENGO et al., 2011; SENA et al., 2012; TOMASELLA et al., 2012). Inundações constituem um tipo de desastre natural, sendo um sobrefluxo de água que submerge uma porção de terra normalmente seca. Pode ocorrer em consequência de um transbordo de corpos de água, como rios ou lagos, nos quais o nível de água sobrepassa ou rompe diques resultando na ocupação pela água além de seus limites (AMETSOC, 2000). Pode ocorrer também pelo acúmulo de água da chuva em solo saturado, ou quando o fluxo de um ou mais rios excede a capacidade de escoamento do canal ou na união destes fatores. Inundações podem desenvolver-se de maneira lenta ou, no caso de inundações bruscas, em minutos. Além disso, podem ser locais, impactando vizinhanças ou povoados, ou de grandes proporções, impactando bacias hidrográficas inteiras.

Eventos hidrometeorológicos que podem se tornar desastres são periódicos e estão relacionados à estação chuvosa, bem como às bacias hidrográficas presentes na região. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) define Normais Climatológicas como valores médios calculados para um período relativamente longo, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas (Figura 13). No caso de estações para as quais a mais recente Normal Climatológica não esteja disponível, seja porque a estação não esteve em operação durante o

período de 30 anos ou por outra razão qualquer, podem ser calculadas Normais sendo médias de curto período, baseadas em observações que se estendam sobre um período mínimo de 10 anos (INMET, 2014).

Figura 13. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990.



Fonte: INMET, 2014.

A interpretação dos conceitos de impactos de desastres foi orientada pelo manual de avaliação de desastres da Comissão Econômica para América Latina e o Caribe (CEPAL), que analisa o desastre sob a ótica econômica. Esta publicação classifica em primeiro nível a repercussão do desastre em três linhas principais: danos diretos, danos indiretos e efeitos macroeconômicos. Ressalta-se que embora se use o termo “dano”, o efeito do desastre pode ser também benéfico a uma determinada parcela da sociedade que esteve afetada pelo fenômeno. Além disso, valora o impacto do desastre para uma sociedade através do efeito de interrupção de serviços e danos a infraestrutura física, aspectos que representam a ótica desta pesquisa.

Danos diretos são aqueles que sofrem os ativos imobilizados, destruídos ou danificados e os afetados nas proximidades do ambiente no qual se desenvolveu o desastre, tais como a destruição total ou parcial de infraestrutura física, prejuízos em terras agricultáveis, em obras de irrigação, represas, etc. Danos indiretos são relativos aos bens e serviços que deixam de ser produzidos ou prestados, assim como a menor arrecadação que se

receberá devido à impossibilidade ou dificuldade de realizá-los após o desastre e que se pode prolongar durante a fase de reabilitação e reconstrução. Os efeitos macroeconômicos se referem à incidência do desastre sobre o comportamento das principais variáveis econômicas. Por conseguinte, estes efeitos refletem as repercussões dos danos diretos e indiretos, pelo que não se devem agregar aos mesmos (CEPAL, 2003).

3.7. Instituições estatais e desastres no Brasil

O papel das instituições, no que diz respeito ao estudo de desastres e ao preparo da sociedade para lidar com eles, é de fundamental importância. Destacam-se, entre várias ações institucionais, as que lidam com a prevenção e preparação de desastres. No Brasil, o gerenciamento de riscos e a proteção contra desastres naturais é um tema relativamente novo no âmbito institucional. O Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), criado pelo Decreto 5.376/2005, é vinculado ao Ministério da Integração Nacional e é coordenado pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. O objetivo do trabalho desenvolvido neste órgão é gerenciar ações estratégicas de preparação e resposta a desastres em território nacional e, eventualmente, também no âmbito internacional. A estrutura da organização possui duas frentes de trabalho: "Articulação, estratégia, estruturação e melhoria contínua" e "Ação permanente de monitoramento, alerta, informação, mobilização e resposta". A primeira é responsável pela preparação e resposta a desastres, sendo sua principal atividade a mobilização para atendimento às vítimas. Já a segunda frente de trabalho, corresponde ao monitoramento constante de informações sobre possíveis desastres em áreas de risco, com o objetivo de reduzir impactos e preparar a população. Cabe ao CENAD consolidar as informações sobre riscos no país, tais como mapas de áreas de risco de deslizamentos e inundações, além dos dados relativos à ocorrência de desastres naturais e tecnológicos e os danos associados. O gerenciamento destas informações possibilita a este Centro apoiar estados e municípios nas ações preparação para desastres junto às comunidades mais vulneráveis. A dinâmica de funcionamento consiste no recebimento de informações de diversos órgãos do Governo Federal responsáveis pela previsão de tempo e temperatura; avaliação de condições geológicas de áreas de risco; monitoramento dos movimentos das placas tectônicas; acompanhamento das bacias hidrográficas; controle de queimadas e incêndios florestais; e transporte e armazenamento de produtos perigosos. As informações são avaliadas e processadas por especialistas e encaminhadas aos órgãos de Proteção e Defesa Civil dos estados e municípios que apresentam risco de ocorrência de desastres, sendo que o alerta ocorre de acordo com a intensidade do evento adverso. Além disso, o CENAD

coordena o Grupo de Apoio a Desastres (GADE), uma equipe técnica multidisciplinar, composta por especialistas em gerenciamento de crises (CENAD, 2014).

Legalmente, os danos gerados por inundações acarretam custos ao poder público, segundo o que é estabelecido na Constituição Federal, sendo competência da União “planejar e promover a defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e as inundações” (BRASIL, 1988). De acordo com a intensidade do desastre e a incapacidade (p.ex. humana, financeira e estrutural) do município em responder aos impactos gerados, existe a possibilidade de ser declarada e decretada situação de emergência ou estado de calamidade pública, que representa a liberação de recursos financeiros do Estado.

Para a declaração de situação de emergência, os desastres devem ser de média intensidade (nível I), com danos e prejuízos suportáveis e superáveis pelos governos locais e a situação de normalidade deve ser restabelecida com recursos mobilizados em nível local ou complementados com o aporte estadual e federal. Em caso de desastres de grande intensidade (nível II), será decretado estado de calamidade pública com o restabelecimento da situação de normalidade dependente da mobilização e da ação coordenada da esfera municipal, estadual e federal e, em alguns casos, internacional (BRASIL, 2012).

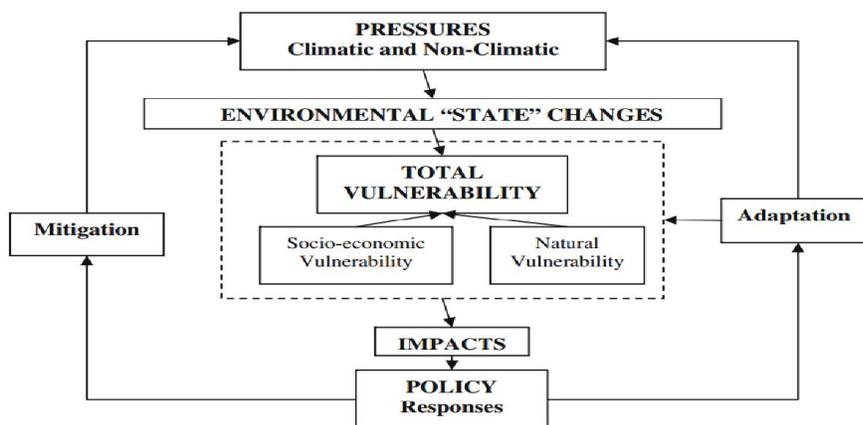
A declaração de situação de emergência e de estado de calamidade pública faz parte da gestão de riscos de desastres no Brasil. A gestão de riscos e desastres no Brasil possui um marco legal desde o final da década de 60. Foi instituído inicialmente um Fundo Especial para Calamidades Públicas (FUNCAP) em caso de calamidades públicas relacionadas aos desastres (Decreto-Lei 950/1969 - revogado). A proteção e defesa civil continuaram sendo legislada por decretos e leis até a lei 12.608/2012 que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC), autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres. O SINPDEC deve planejar, articular, coordenar e executar programas, projetos e ações de proteção e defesa civil. As atribuições para cada uma dessas ações estão distribuídas nos órgãos regionais com Coordenadorias Regionais de Defesa Civil (CORDEC), passando para órgãos estaduais com as Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil (CEDEC) ou órgãos correspondentes, e por fim para órgãos municipais com as Coordenadorias Municipais de Defesa Civil (COMDEC). A atuação da comunidade seria através dos Núcleos Comunitários de Defesa Civil (NUDEC).

3.8. Pesquisas sobre avaliação de desastres e infraestrutura

Interessa discutir quais soluções podem ser adotadas para que os impactos afetem de uma maneira mais amena o desenvolvimento regional. Em alguns países com riscos mais perceptíveis e mais danosos à vida das pessoas como, por exemplo, sismos, furacões, erupções vulcânicas e avalanches, existem estudos aplicados ou em desenvolvimento de forma mais avançada do que no Brasil para promover uma resposta a esse tipo de impacto na infraestrutura rodoviária. A área de engenharia de linhas vitais empenha-se em desenvolver mecanismos que atuem em duas frentes principais para mitigar os efeitos de ameaças a rodovias: medidas de recuperação e reconstrução de caráter emergencial com rápido acesso ao local do evento, que conta com mapeamento de riscos em toda a extensão das estradas, e o desenvolvimento de rotas alternativas que atuam com base na classificação do tipo de veículo a circular e que consideram a possibilidade de que essas alternativas sejam também afetadas pelo desastre além de ter condições de rodagem, disponibilidade de combustível e demais serviços básicos equivalentes aos disponíveis na rodovia principal, estando assim um passo à frente do impacto conseguindo reduzir o tempo de interrupção e a frequência com que isto ocorre.

A pesquisa a respeito do estudo de riscos e ameaças naturais é mais desenvolvida nos locais onde há ameaças de magnitude percebida mais facilmente pela população, pela forma brusca pela qual essas ameaças de apresentam e apresenta métodos de avaliação de riscos e impactos de desastres. A relação entre os agentes componentes envolvidos em um programa de gestão (instrumentos técnicos, administrativos e sociais) podem ser analisados com um quadro organizacional simplificado: o ciclo PSIR – *Pressure, State, Impact and Response* – Esta metodologia avalia as etapas e os componentes do evento (Figura 14).

Figura 14. Quadro PSIR.



Fonte: SZLAFSZTEIN e STERR, 2007.

Quando pressões (*Pressure*) climáticas e antrópicas causam desequilíbrio total ou parcial no ambiente os primeiros efeitos são mudanças no estado (*State*) do solo, da água, dos hábitat e da cobertura e uso do solo. Este desequilíbrio resulta em impactos (*Impact*) como poluição, degradação, mudanças e migração, que afetam os processos naturais, o uso e proteção dos recursos e as atividades socioeconômicas. Avaliações de vulnerabilidade e impactos também fornecem um ponto de partida para a determinação de ações corretivas efetivas para mitigar os impactos e reestabelecer as condições originais o mais breve possível, por meio de apoiar políticas espontâneas ou planejadas de caráter responsivas (*Response*). Isto significa que tanto mitigação total ou parcial das causas do desequilíbrio ou da adaptação às novas condições são necessárias. Respostas adaptativas principalmente objetivam reduzir a vulnerabilidade do sistema, no entanto, ela podem também causar mudanças nas pressões (SZLAFSZTEIN, 2005).

Estas relações são verificadas em situações nas quais as pressões geram impactos que são percebidos pela sociedade. Esta percepção pode ser, além de danos físicos, através de prejuízos financeiros. Segundo Dalziel e Nicholson (2001), os custos econômicos decorrentes do fechamento da via principal de interesse dependem da possibilidade de se utilizar rotas alternativas enquanto esta estiver fechada, bem como do motivo pelo qual ocorre o fechamento. Isto é, devido à correlação entre as condições das vias através da rede, se elas estão abertas ou fechadas, em especial para um evento, tal como uma grande inundação, onde os efeitos desta serão espalhados por uma grande área geográfica. É, portanto, necessário interpretar a vulnerabilidade das rotas alternativas a serem também fechadas simultaneamente com a via principal. A interpretação dessa simultaneidade na região amazônica pode considerar áreas de inundação dentro de bacias que abrangem uma área considerável e que possibilitem a interrupção por inundação de trechos que seriam alternativas de rota à rodovia principal. Essa consideração é fundamental para a execução de planos alternativos, uma vez que não faz sentido estabelecer rotas alternativas que não forneçam o serviço requerido.

Tang et al (2013) justificam que a ocorrência recente e frequente de inundações catastróficas, juntamente com o aumento do nível do mar tem deixado as regiões costeiras do nordeste dos Estados Unidos em um maior risco. Neste trabalho, os autores preveem inundações costeiras na margem leste da baía de Delaware, em New Jersey, e analisam o impacto resultante sobre os moradores e sobre a infraestrutura de transporte. Embora se trate de uma região costeira, diferente da abordada na presente dissertação, há no artigo um interessante detalhamento da metodologia baseada em ferramentas de sistemas de informação

geográfica (SIG) para identificar áreas com potenciais de inundação diferentes. Dessa forma, os autores constroem um mapa de riscos para a região de interesse que consegue informar áreas mais suscetíveis à ocorrência de inundação devido aos fatores que são considerados na pesquisa.

O modelo tridimensional de áreas costeiras FVCOM (*Finite Volume Coastal Ocean Model*) juntamente com um modelo de águas rasas bidimensional é usado para simular inundações de acordo com a hidrodinâmica de água do oceano costeiro, com malhas finas de maior resolução, e um método hidrológico baseado em topografia é aplicado para estimar as inundações no interior devido à precipitação. As áreas alagadas inteiras com uma gama de intensidades de tempestades e elevação do nível do mar são, portanto, determinados. As populações da região de estudo em 10 e 50 anos são previstos usando um modelo econômico-demográfico. Com a ajuda do *software* ArcGIS, uma análise detalhada da população e sistemas de transporte afetados, incluindo as redes de rodovias, ferrovias e pontes, é apresentada para todos os cenários de inundação. Neste artigo é concluído que a elevação do nível do mar vai levar a um aumento substancial na vulnerabilidade relativa à inundação dos moradores e infraestrutura de transporte, e tal enchente tende a afetar mais a população no município de Cape May, porém mais meios de transporte em Cumberland, New Jersey. Ou seja, além da conclusão do aumento da vulnerabilidade a enchentes pelo aumento do nível do mar, os impactos na infraestrutura de um setor administrativo podem ser percebidos pela população de outra unidade municipal, o que representa um desafio maior ainda para a gestão pública, uma vez que as medidas de adaptação devem ser desenvolvidas em conjunto.

Para entender, dentro de uma área determinada, como e onde as ameaças ocorrem, Nyberg e Johansson (2013) utilizam técnicas de SIG para destacar seções de rodovia que atentem ao que os autores enfatizam como fatores de vulnerabilidade a ameaças. Em seu estudo a busca é por trechos de rodovias que possam ser interrompidos devido à queda de grandes árvores por meio da ação de tempestades. Interessa do ponto de vista do desastre pontual, que é uma abordagem diferente de Dalziell e Nicholson (2001) que trabalham com áreas geográficas maiores em função de erupções vulcânicas e dispersão de cinzas. Uma análise pontual como a desenvolvida para as árvores é aplicável na região amazônica em pontos com potencial de inundação identificados segundo a metodologia apresentada por Tang et al (2013), mais especificamente em trechos da rodovia cortados por cursos de água e trechos de drenagem.

Na pesquisa de Nyberg e Johansson (2013), o objeto empírico é uma rodovia na Suécia, e a vulnerabilidade que eles analisam é a de pessoas com idade maior que 80 anos que precisam de cuidados imediatamente depois de uma tempestade e, por isso, apresentam maior risco se houve uma interrupção na rodovia que os conecta com outras localidades. É um contexto diferente do encontrado na região amazônica, mas os conceitos relacionados à vulnerabilidade por incapacidade de conexão com outras localidades podem ser encontrados na região, ainda mais se considerando as dimensões geográficas dos estados. São classificados os trechos por presença de árvores através de critérios de ameaça, atribuindo maior ameaça a árvores de maior porte e conseguindo assim pontuar no espaço ameaças com maior e menor potencial de interrupção da estrada. A identificação desse potencial de interrupção pode ser aplicada em termos de inundação com método semelhante. Os autores defendem que a identificação destes pontos críticos de interrupção de rodovia por árvores pode ajudar a prevenir e reduzir significativamente os efeitos negativos causados por essas interrupções, seja relacionado à saúde e atendimento de população, seja relacionado a aspectos econômicos. Ou seja, para prevenir a população de desastres é essencial a identificação dos pontos onde eles podem ocorrer. O território é a junção do meio com o homem e entender essa interação é fundamental para diminuir conflitos e melhorar as condições para se alcançar o desenvolvimento sustentável.

Observa-se que vulnerabilidade e ameaças são intimamente ligadas com o conceito de Resiliência. A origem deste termo está na propriedade mecânica de um material de absorver energia quando esta o deforma elasticamente e, após deixar de ter energia aplicada em si, voltar ao seu estado original, sem deformação (CAMPBELL e FLAKE, 2008; BALKAN e DEMIRER, 2010). Segundo Liu et al (2007), resiliência é a capacidade de reter estruturas similares e seus funcionamentos depois de perturbações para a continuidade do desenvolvimento. Essa capacidade pode ser afetada por muitos fatores, ligados aos sistemas naturais, aos sistemas humanos ou à interação entre estes. Segundo estes autores, sistemas humanos e naturais integrados são sistemas nos quais pessoas interagem com componentes naturais. Resiliência tem aparecido em diferentes disciplinas e tem sido aplicado a distintos interesses. Enquanto estes grupos utilizam diferentes definições do termo, interessam as que se aplicam à recuperação pós-desastre: 1. Resiliência de comunidade é a capacidade de uma comunidade de absorver a tensão ou as forças destrutivas através de resistência ou adaptação para gerenciar ou manter certas funções e estruturas durante desastres, assim como a capacidade de recuperação depois de um evento. 2. Resiliência organizacional, que tem sido

definida como a habilidade de projetar e executar comportamentos adaptativos positivos, adequados à situação imediata, reduzindo a tensão. 3. Resiliência é a habilidade, a qualquer nível relevante, de antecipar e, se necessário, lidar e recuperar-se de desafios que alterem a normalidade (SEVILLE, 2008).

Embora muitos estudos tenham examinado as interações homem-natureza, a complexidade dos sistemas integrados não tem sido bem compreendida. A falta de progresso nesse sentido é devida à tradicional separação entre ciências sociais e ciências ecológicas. Embora alguns pesquisadores tenham estudado sistemas integrados como sistemas complexos, a maior parte dos trabalhos foi mais teórica do que empírica. No tocante à infraestrutura rodoviária e todos os serviços que este sistema torna possível, é em resiliência que se tem que pensar em relação aos desastres naturais. O sistema deve ter a capacidade de continuar funcionando mesmo sendo afetado por alguma ameaça que o danifique. Isto pode ser encarado como resiliência na rodovia específica e sua capacidade de seguir proporcionando o serviço ou no sistema rodoviário, onde este deve apresentar rotas alternativas e caminhos não muito diferentes em termos de custos e tempo que o habitual.

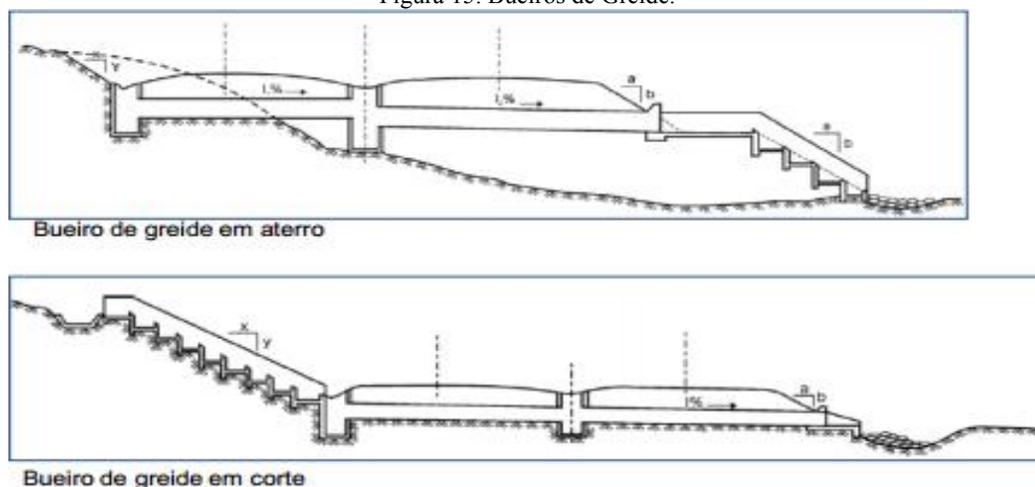
Bolzan et al (2010) utilizam a metodologia desenvolvida inicialmente por Leopold (1971) para avaliar uma atividade antrópica como causadora de aspectos (impactos diretos que causam, por sua vez, outros impactos mas que não existiriam sem um agente impactante que lhe dá origem) e impactos (não causam outros impactos ou não há interesse em estudá-los) em uma determinada área do município de Santa Maria (RS). Eles classificam todos os aspectos e impactos que decorrem da triagem e do transporte dos resíduos de construção civil, atribuindo-lhes pesos e atributos relativos a consequências positivas ou negativas, chegando desta maneira a conclusões a respeito da relação causa e consequência de atividades antrópicas no meio ambiente. Este raciocínio é perfeitamente passível de ser invertido e aplicado a procedimentos que avaliam desastres naturais e seus impactos sobre as atividades humanas.

3.9. Aspectos construtivos de rodovias

Os impactos observados na área de estudo têm sua origem relacionada a eventos hidrológicos. Por esta razão, é importante entender o funcionamento de uma estrada quando está solicitada por tráfego habitual em situação de chuva. A construção de uma rodovia tem duas etapas principais chamadas de Drenagem e de Pavimentação. A drenagem tem como objetivo coletar e remover tecnicamente as águas superficiais e subterrâneas para evitar que a presença destas comprometa o pavimento. A água que pode afetar uma rodovia pode ter sua

origem em chuvas que caíam sobre a plataforma da estrada, em fluxo de águas superficiais de terrenos adjacentes, em cheias de cursos de água ou em infiltração subterrânea. Para cada uma destas situações existe uma solução técnica que deve ser aplicada para escoar a água. Os dispositivos de drenagem superficial têm como objetivo interceptar e captar, conduzindo ao deságue adequado, as águas provenientes de suas águas adjacentes e aquelas que se precipitam sobre a estrada (ex. valetas de proteção de corte, valetas de proteção de aterro, valetas de derivação, sarjetas de corte, sarjeta de canteiro central, descidas de água, saídas de água, caixas coletoras, bueiros de “greide”, dissipadores de energia, escalonamento de taludes, corta-rios). Entre os dispositivos de drenagem superficial se dá especial atenção neste estudo para o denominado Bueiro de “greide” (Figura 15), que são dispositivos destinados a conduzir para locais de deságue adequados a água captada. São sistemas formados por caixas coletoras (Figura 16), corpo e boca.

Figura 15. Bueiros de Greide.



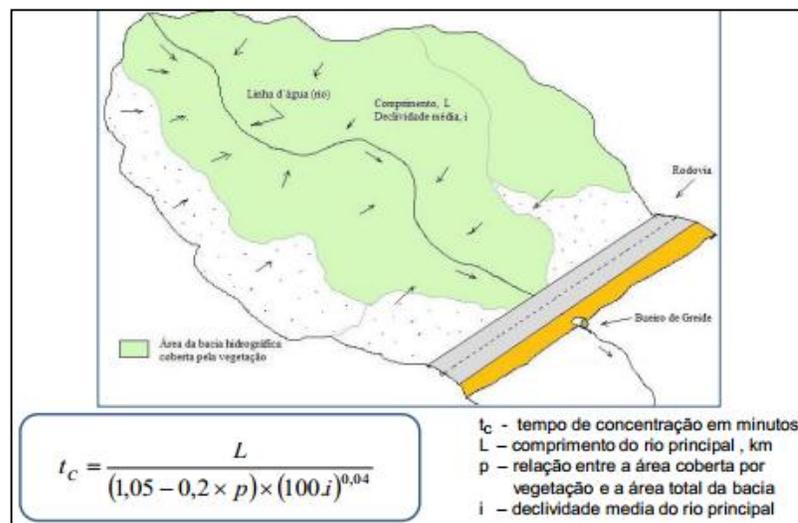
Fonte: Nogueira, 2009

Figura 16. Caixas coletoras em obra de drenagem no município de Santa Izabel do Pará, PA.



Os dispositivos de drenagem são dimensionados de acordo com as características ambientais nas quais estarão inseridos. Isto se faz, segundo norma técnica vigente no Brasil, com dados pluviométricos históricos e registro de cheias, bem como o estudo “*in loco*” das chuvas e das microbacias que deságuam na região da estrada (Figura 17). Fatores como o tempo de concentração de precipitação, ocorrência de precipitações extremas, frequência desta ocorrência, relação entre área com vegetação e área total da bacia e declividade média do rio principal são – ou devem ser – consideradas no estudo prévio para elaboração de projeto de estradas. Com o procedimento correto a ruptura de tubos de bueiros de greide, por exemplo, é evitada ou reduzida em sua frequência. De fato, a ocorrência de interdição de estradas, se realizados estudos de infiltração de água, enchentes e precipitações extremas, é reduzida, diminuindo assim o risco de desastres, o que quer dizer que ao não ser considerado este tipo de elemento no processo de construção de estradas, a sua ruptura por subdimensionamento é esperada.

Figura 17. Dimensionamento de dispositivos de drenagem superficial.



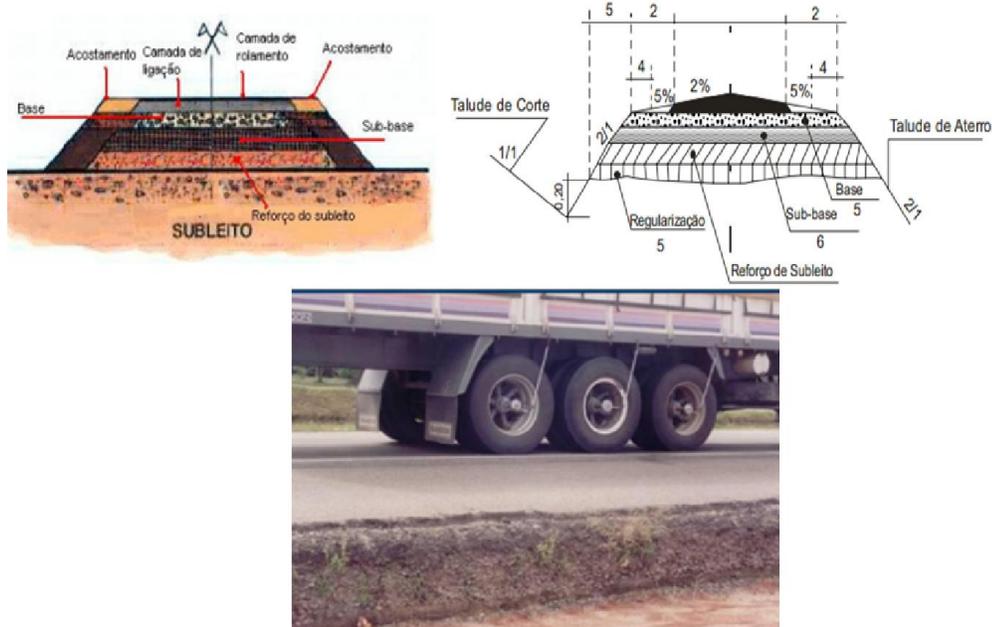
Fonte: Nogueira, 2009.

Além do escoamento da água superficial, no contexto desta pesquisa, é importante entender o conceito de infiltração de água subterrânea e os dispositivos de drenagem empregados para solucionar este obstáculo. A água de chuva em uma estrada tem como destino escoar sobre a superfície dos solos ou infiltrar-se a lençóis de água subterrânea. De qualquer um dos modos existe a necessidade de manter o lençol freático a profundidades mínimas que vão desde 1,2 a 2 m do subleito das rodovias, dependendo esta variação do tipo de solo da área considerada. O modo como isto pode afetar uma rodovia está representado

pela formação de atoleiros, de erosão e de irregularidades no pavimento, sendo os dois primeiros mais potencialmente capazes de interromper uma via.

De forma geral uma estrutura de pavimento funciona, com compressão obtida durante seu processo construtivo. Isto se dá por meio de aplicação de camadas de materiais adequados ao terreno com execução de processos de compactação, mistura, corte e aterro antes, durante e depois da aplicação dos materiais supracitados. Ao final do processo o pavimento deve resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego, melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança e resistir aos esforços horizontais que nele atuam, tornando a superfície de rolamento mais durável.

Figura 18. Estrutura geral do pavimento.



Fonte: Manual de Pavimentação DNIT, 2006.

Os pavimentos são classificados em três categorias: rígidos, semirrígidos e flexíveis, constituídos de placas de concreto de cimento Portland (cimento comum); revestidos por camada asfáltica com base estabilizada com cimento e cal; e apenas revestidos com asfalto sobre camadas de materiais de pedra (brita ou seixo rolado) ou solo, respectivamente. Na região norte os pavimentos utilizados em rodovias federais, objeto de estudo desta pesquisa, são classificados em flexíveis, já que não possuem camada rígida por baixo da camada asfáltica, dependendo sua rigidez da eficácia do serviço de terraplenagem que tenha compactado as suas camadas componentes.

4. RESULTADOS

4.1. Descrição de Interrupções

As interrupções descritas nos itens entre 5.1.1 a 5.1.3 ocorreram por erosão das camadas do pavimento. As interrupções de 5.1.4 a 5.1.12 se deram pelo rompimento do sistema de tubos de bueiros de greide. Os eventos descritos nos itens 5.1.13 a 5.1.16 ocorreram pelo rompimento de pontes ou por desgaste de parte delas. As ocorrências 5.1.17 a 5.1.23 foram causadas por inundação das rodovias devido à cheia de rios e, por fim, as interrupções 5.1.24 a 5.1.27 deveram-se à impossibilidade de tráfego devido às condições da estrada pelo acumulo de lama nos atoleiros. As descrições e as fotografias dos eventos são acompanhadas pela planilha de custo de recuperação em função do modo de recuperação e do tempo de interrupção mais recuperação. Esta possibilita a leitura comparativa dos custos que, embora não detalhados quantitativamente, permitem perceber quais eventos são mais significativos em comparação com os outros e de que maneira isto é possível.

4.1.1. BR-174 em 2 de março de 2014.

Na rodovia BR-174 uma erosão das camadas componentes da estrada danificou a sua estrutura, causando o rompimento da camada superior do pavimento. Isto motivou a interrupção do tráfego. O fato ocorreu no município de Presidente Figueiredo (AM), a 117 km da capital daquele estado, Manaus (Figura 19). A região ficou isolada para o acesso de veículos terrestres de qualquer tipo até que a obra de recuperação fosse executada (G1 AMAZONAS, 2014 - <http://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2014/03/apos-chuva-asfalto-cede-e-rodovia-br-174-e-interditada-no-amazonas.html>).

Figura 19. BR-174. Interrupção por erosão. 117 km de Manaus.



Fonte: G1 Amazonas, 2014.

4.1.2. BR-174 em 5 de março de 2014

A rodovia BR-174, no trecho entre as cidades de Manaus (AM) e de Boa Vista (RR), esteve parcialmente interditada por uma erosão que permitiu apenas o tráfego de veículos leves e pedestres. Isto ocorreu no km 58, no estado do Amazonas, e a resposta se deu mediante a instalação, por parte do DNIT, de uma ponte metálica para a liberação do tráfego de todo tipo de veículos enquanto a obra de recuperação da infraestrutura não fora iniciada (DNIT, 2014).

4.1.3. BR-364 em 24 de março de 2014

A rodovia BR-364 ficou interditada para reparos motivados por uma erosão que danificou a estrutura do pavimento. O tráfego esteve permitido apenas em meia pista no km 232 e para veículos pequenos durante a manutenção (DNIT, 2014). Após a ação do DNIT para recuperar a estrutura da estrada o tráfego de caminhões e de ônibus retomou condições normais, reestabelecendo assim o serviço de transporte de mercadorias e pessoas.

4.1.4. BR-174 em 3 de março de 2011

A rodovia BR-174, entre Manaus e Boa Vista, esteve interditada nos dois sentidos porque uma galeria de tubos de concreto se rompeu e abriu um buraco na pista, no km 83, próximo ao município de Presidente Figueiredo (AM) (Figura 20). O trecho interrompido deixou várias comunidades daquele município isoladas. Como resposta a Polícia Rodoviária Federal (PRF) orientou as rodoviárias de Manaus e Boa Vista a não liberar para circulação nenhum ônibus até que a situação seja normalizada. Além disto, o corpo de bombeiros ajudou no transporte de pessoas em mercadorias com um barco (Figura 21). Obras de recuperação da estrada iniciaram no mesmo dia (D24AM, 2011 - <http://www.d24am.com/noticias/amazonas/trecho-da-br174-desmorona-com-a-forte-chuva/18555>).

Figura 20. Interrupção da BR-174 por ruptura de galeria de tubos.



Fonte: D24AM, 2011.

Figura 21. Corpo de Bombeiros auxilia no transporte de mercadorias com um barco.



Fonte: D24AM, 2011.

4.1.5. São Miguel do Guamá em 28 de abril de 2011

O portal de notícias G1 Pará (2011 - g1.globo.com/brasil/noticia/2011/04/cratera-interdita-rodovia-br-010-no-para.html) noticiou a interrupção da rodovia BR-010 no km 317, por causa de uma cratera de 14 m causada pelo aumento rápido da vazão do igarapé Itaquimirim no município de São Miguel do Guamá (PA), causando a ruptura da galeria de tubos de concreto, impossibilitando o tráfego de veículos na rodovia (Figura 22). Houve isolamento dos moradores da área próxima ao km 317, assim como os impactos indiretos (ex.

postos de gasolina que não vendem seu produto e restaurantes que não recebem clientes). O desvio na rodovia causou prejuízos aos que transportavam cargas perecíveis, como hortaliças e frutas, e também ocasionando gastos adicionais de combustível (ESTRADAS, 2011 - <http://estradas.com.br/belem-brasilia-sera-liberada-ainda-hoje/>).

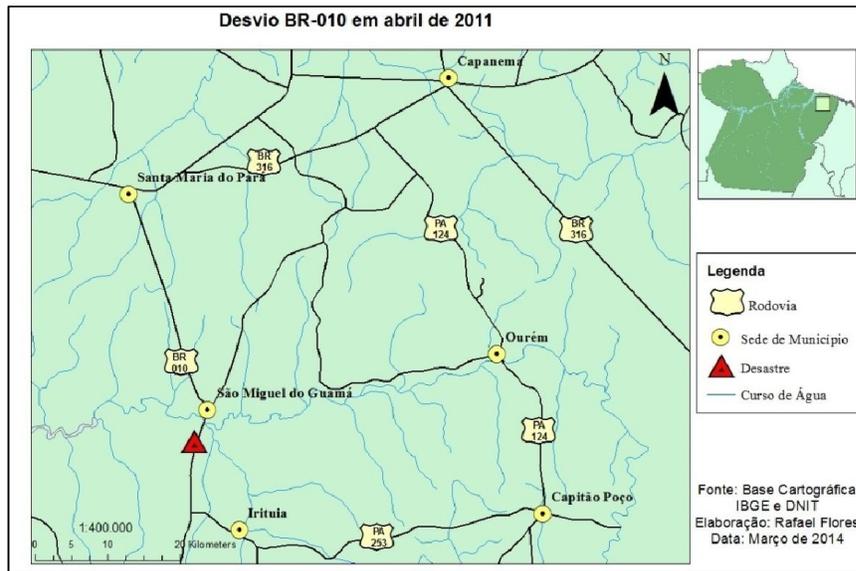
Figura 22. Interrupção da BR-010 em São Miguel do Guamá, Pará.



Fonte: G1 Pará, 2011.

Parte da pista foi parcialmente liberada em 3 de maio de 2011, sem a aplicação de asfalto (ORM, 2011 - <http://noticias.orm.com.br/noticia.asp?id=530365&|br010+pista+est%C3%A1+parcialmente+liberada#.UmKNstLIWhl>). A resposta ao desastre se deu com orientação da polícia rodoviária para a realização de desvio pelos usuários e obras de recuperação da pista. Segundo o jornal Diário do Pará (2011 - <http://www.diariodopara.com.br/impressao.php?idnot=132189>), durante os cinco dias em que esteve interditada a rodovia, os motoristas que utilizam a BR-010 seguindo ao norte foram orientados pela PRF a que seguir viagem por um desvio de 160 km pela rodovia estadual PA-140, passando pelos municípios de Irituia, Capitão Poço e Capanema, até chegar a Santa Maria (PA) (Figura 23).

Figura 23. Desvio na interrupção na BR-010 em São Miguel do Guamá em abril de 2011.



Fonte: Elaboração do autor, 2014.

4.1.6. BR-174 em 18 de abril de 2012

A ruptura dos tubos de concreto que formavam o bueiro para escoamento da água causou a interrupção desta rodovia. O tráfego funcionou apenas em metade da estrada, causando uma fila de veículos nos dois sentidos, o que representou o impacto. Em resposta foi instalada uma ponte provisória para pedestres com cabos de aço, que serviu para os passageiros de ônibus serem transferidos para outro veículo, seguido da recuperação da via com obras de drenagem, terraplenagem e pavimentação. (Figura 24). O trecho fica a 70 km de Boa Vista (RR) e a de 3 km da ponte sobre o rio Uraricoera. (FOLHA DE BOA VISTA, 2012 - <http://www.folhabv.com.br/noticia.php?id=127867>).

Figura 24. Interrupção da BR-174.



Fonte: Folha de Boa Vista, 2012.

4.1.7. BR-230 em 23 de fevereiro de 2013

O rio Roosevelt, que corta a rodovia transamazônica em Apuí (AM), transbordou e promoveu a ruptura da galeria de tubos de concreto com a destruição das camadas de base da estrada (Figura 25). Apuí está a 220 km ao sul de Manaus e comunidades locais ficaram isoladas durante uma semana (A CRÍTICA, 2013 - http://acritica.uol.com.br/noticias/manaus-amazonas-amazonia-Cheia-complica-Apui-Sul_do_Amazonas-Rio_Roosevelt-transito-Transamazonica_0_871112882.html). A defesa civil enviou uma equipe para avaliar os danos e fazer um levantamento dos serviços que precisariam ser realizados para a recuperação da estrada. (G1 AMAZONAS, 2013 - <http://g1.globo.com/am/amazonas/amazonas-tv/videos/t/edicoes/v/defesa-civil-avalia-interdicao-da-br-230/2430794/>).

Figura 25. BR-230 em Apuí-AM.



Fonte: A Crítica, 2013.

4.1.8. BR-401 em 3 de maio de 2012

No km 66 da rodovia BR-401, que liga Roraima à Guiana galerias formadas por tubos de concreto romperam, impossibilitando o tráfego de veículos (Figura 26). Como resposta ao evento a defesa civil do estado iniciou o processo de mapeamento de outros pontos de vulnerabilidade nas demais rodovias para que fossem tomadas as providencias necessárias. Além disso, a secretaria estadual de infraestrutura executou obras que terminaram dois dias depois do ocorrido, reestabelecendo o tráfego (A CRÍTICA, 2012 - http://acritica.uol.com.br/noticias/Trecho-BR-401-interrompe-Guiana-Roraima-Amazonia-Amazons-Manaus-Roraima_0_693530702.html).

Figura 26. Rodovia BR-401. Ruptura de tubos.



Fonte: A Crítica, 2012.

4.1.9. BR-230 em 17 de fevereiro de 2014

Na rodovia BR-230 um bueiro de greide de tubos de concreto rompeu e interrompeu o tráfego de veículos entre os municípios de Apuí e Humaitá, no Amazonas, a 455 e 591 km de Manaus, respectivamente, causando o isolamento de comunidades de municípios próximos. (Figura 27). (G1 AMAZONAS, 2014 - <http://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2014/02/com-fortes-chuvas-cratera-causa-interdicao-da-br-230-no-sul-do-am.html>)

Figura 27. Interrupção da BR-230 por ruptura de tubos.



Fonte: G1 Amazonas, 2014.

4.1.10. BR-010 em 17 de fevereiro de 2014

No km 271, no estado do Maranhão, da rodovia BR-010, um bueiro triplo, que é um sistema de três tubulações de concreto abaixo do pavimento posicionadas para constituir três canais de escoamento de água, foi destruído pelas fortes chuvas que caíram em Imperatriz, no Maranhão (Figura 28). Ocorreu próximo ao povoado chamado 1.700, dentro daquele município. Isto impossibilitou o tráfego de veículos de qualquer porte, sendo apenas possível o trânsito de pedestres (G1 MARANHÃO, 2014 - <http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2014/02/rodovia-belem-brasilia-esta-interditada-em-dois-trechos.html>).

Figura 28. Interrupção da BR-010 em fevereiro de 2014.



Fonte: G1 Maranhão, 2014.

O evento provocou um engarrafamento de veículos de quase 10 km no momento em que ocorreu. A Polícia Rodoviária Federal orientou na ocasião que os usuários da rodovia realizassem um desvio através do município de Araguatins, no sentido para Belém, e através do município de Porto Franco (MA), no sentido São Luis. Com a interdição da Belém-Brasília, os usuários optaram por utilizar estradas na região central do estado do Maranhão que apresentam situação precária (G1 MARANHÃO, 2014).

4.1.11. BR-163 em 28 de fevereiro de 2014

Próximo do distrito de Moraes de Almeida, localidade inserida dentro do município de Itaituba (PA), ocorreu uma ruptura de tubos de bueiro de greide que interditou a rodovia BR-163 até que o DNIT providenciasse os reparos necessários (DNIT, 2014).

4.1.12. BR-155 em 19 de novembro de 2014

No sul do estado do Pará, a rodovia BR-155 (antiga rodovia estadual PA-150, neste trecho) esteve interditada entre as cidades de Xinguara e de Redenção. O rompimento de um bueiro no rio Mariazinha, fez a pista ceder, interrompendo o trânsito na área (Figura 29). O problema aconteceu a um quilômetro da sede do município (G1 PARÁ, 2014 - <http://g1.globo.com/pa/para/noticia/2014/11/aterro-sobre-rio-rompe-e-interdita-trecho-da-br-155-em-xinguara-pa.html>). O tráfego foi restabelecido em 20/11/2014. O DNIT construiu um desvio para permitir a passagem de veículos. Com a liberação da via, começaram os trabalhos de recuperação definitiva do local (DNIT, 2014 - <http://www.dnit.gov.br/noticias/atencao-usuario-trafego-na-br-155-pa-devera-ser-liberado-nesta-quinta-feira-20>).

Figura 29. Bueiro colapsado na BR-155



Fonte: G1 Pará, 2014.

4.1.13. BR-433 em 06 de junho de 2011

Interrupção ocorrida entre os municípios de Normandia (RR) e Paracaima (RR) motivada pelo dano causado pelo aumento do nível do Igarapé Javari à estrutura da ponte sobre esse corpo de água. Cabeceiras de pontes foram destruídas e o tráfego foi interrompido por motivo de segurança (A Crítica, 2011 - http://acritica.uol.com.br/amazonia/BR-174-interdidata-causa-cheia-Roraima_0_494350609.html).

4.1.14. BR-010 em 17 de fevereiro de 2014

Em Imperatriz (MA), o tráfego na BR-010 foi interditado porque ficou com sua estrutura comprometida, segundo a reportagem do Portal de Notícias G1 Maranhão (2014 - <http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2014/02/trafego-no-km-271-da-br-010-so-sera-regularizado-em-ate-90-dias-diz-dnit.html>). As chuvas na região também provocaram aumento no volume de água do riacho chamado Lagoa Cercada. A forte correnteza do Rio Barra Grande comprometeu a estrutura de conexão da ponte com o solo-estrada (Figura 30).

Figura 30. Ponte danificada na BR-010.



Fonte: G1 Maranhão, 2014.

4.1.15. BR-230 em 28 de outubro de 2014

Parte da ponte sobre o rio Arataú, na BR-230, foi derrubada pela água do rio Arataú após uma forte chuva que caiu na região sudoeste do Pará (Figura 31). Esta ponte havia sido construída pelo Exército Brasileiro três meses antes deste acontecimento. O analista de infraestrutura do DNIT, Marcelo Paiva, afirmou que a reconstrução da ponte somente iniciaria quando o nível da água voltasse ao nível normal. Enquanto isto não aconteceu o serviço de transporte na região ficou paralisado (Figura 32). (DIÁRIO DO PARÁ, 2014 - <http://www.diarioonline.com.br/noticias/para/noticia-307160-.html>).

Figura 31. Nível da água do Rio Arataú sobe e causa a interdição da rodovia BR-230.



Fonte: Diário do Pará, 2014.

Figura 32. Passageiros esperam o reestabelecimento do serviço de transporte na BR-230.



Fonte: Diário do Pará, 2014.

4.1.16. BR-364 em 20 de novembro de 2014

Devido à cheia do rio Tarauacá, no Acre, a rodovia BR-364 esteve parcialmente interrompida por causa de danos na cabeceira (estrutura de ligação ponte – solo) da ponte localizada no município de Tarauacá (Figura 33). Houve rompimento de parte dos aterros que dão sustentação à laje de transição. A Superintendência Regional do DNIT avaliou os danos causados na cabeceira da ponte e realizou obras para maior estabilidade e segurança aos

usuários. (DNIT, 2014 - <http://www.dnit.gov.br/noticias/atencao-usuario-br-364-ac-encontra-se-parcialmente-interrompida-no-km-544>).

Figura 33. Ponte sobre o rio Tarauacá (AC) com danos em sua estrutura.



Fonte: DNIT, 2014.

4.1.17. BR-432 em 6 de junho de 2011

Entre o município de Cantá e a região Sul do estado de Roraima, o tráfego de veículos ficou interrompido devido à cheia do rio Branco que inundou trechos da rodovia BR-432. (Figura 34). A resposta se deu por meio a interrupção preventiva do tráfego pela Polícia Rodoviária Federal e a recuperação dependeu do comportamento do nível da água, isto é, a rodovia foi novamente utilizada quando o nível da água ficou mais baixo. (A CRÍTICA, 2011 - http://acritica.uol.com.br/amazonia/BR-174-interdidata-causa-cheia-roraima_0_494350609.html).

Figura 34. BR-432 inundada com o tráfego interrompido.



Fonte: A Crítica, 2011.

4.1.18. A BR-174 em 6 de junho de 2011

Na região de Caracará, em Roraima, a rodovia BR-174 ficou inundada em decorrência da cheia do Rio Branco (Figura 35), que atingiu 10,55 m acima do seu nível normal (A CRÍTICA, 2011 - http://acritica.uol.com.br/amazonia/BR-174-interdidata-causa-cheia-Roraima_0_494350609.html). O trânsito naquela estrada ficou interrompido paralisando os serviços de transporte de pessoas e de mercadorias naquela região.

Figura 35. BR-174 com o tráfego interrompido no município de Caracará, RR.



Fonte: A Crítica, 2011.

4.1.19. BR-319 em 17 de fevereiro de 2014

A cheia do Rio Madeira e de seus afluentes causou a inundação da rodovia BR-319 no estado de Rondônia de tal modo que o trecho do km 18 naquele estado, em direção ao município de Humaitá (AM) ficou intrafegável (DNIT, 2014 – Relatório de emergências com chuvas 2013-2014). Até que o nível da água baixasse o tráfego de veículos ficou interrompido paralisando por completo o serviço de transportes terrestres na região.

4.1.20. BR-319 em 17 de fevereiro de 2014

Em outro ponto, a cheia do Rio Madeira e de seus afluentes causou a inundação da rodovia BR-319 no trecho do km 20, próximo ao município de Humaitá, no estado do Amazonas, que ficou interditado (DNIT, 2014 – Relatório de emergências com chuvas 2013-2014). O trecho, que dista dois km da ocorrência registrada no item anterior ficou interrompido para o tráfego até que o nível da água diminuísse.

4.1.21. BR-364 em 2 de fevereiro de 2014

A rodovia BR-364, devido à cheia do Rio Madeira, resultou inundada no km 871, ficando o tráfego de todo tipo de veículos impossibilitado (DNIT, 2014 – Relatório de emergências com chuvas 2013-2014). O trânsito de todo tipo de veículos foi liberado somente depois que o nível da água baixou.

4.1.22. BR-364 em 18 de fevereiro de 2014

A rodovia BR-364, devido à cheia do Rio Madeira, resultou inundada no km 871, ficando o tráfego de todo tipo de veículos impossibilitado (DNIT, 2014 – Relatório de emergências com chuvas 2013-2014). Trata-se do mesmo trecho inundado mencionado no item anterior, com a diferença de que isto ocorreu duas semanas depois.

4.1.23. BR-364 em 19 de fevereiro de 2014

Em uma decisão conjunta entre DNIT e PRF o tráfego de veículos na rodovia BR-364 foi interditado por segurança entre os estados do Acre e de Rondônia devido às fortes chuvas e à cheia na qual se encontrava o Rio Madeira (ESTADÃO, 2014 - <http://www.estadao.com.br/noticias/geral,cheia-historica-do-rio-madeira-praticamente-isola-acre,1132492,0.htm>). O nível da água do rio Madeira, que se situa na região entre os dois estados, estava quase 18 m acima do nível normal. A rodovia BR-364 é única ligação por terra do Acre com as demais regiões do Brasil (Figura 36).

Figura 36. Extensão da rodovia BR-364, ligação terrestre Acre com resto do Brasil.



Fonte: Ministério dos Transportes. Banco de Informação de Transportes, 2014²

No município de Jaci Paraná, a 100 km da capital do estado Porto Velho (RO), a água atingiu 60 cm sobre a pista (JORNAL DO BRASIL, 2014 - <http://www.jb.com.br/pais/noticias/2014/02/21/cheia-de-rio-madeira-bloqueia-rodovia-e-isola-acre-do-resto-do-brasil/>). O Rio Madeira atingiu a cota nunca antes registrada de 17,88 metros inundando a rodovia (Figura 37). Em Rio Branco, o risco de desabastecimento ficou evidente. Mudanças no funcionamento de serviços atingiram a população na medida em que o transporte aéreo registrou aumento de até quatro vezes no valor da passagem entre Porto Velho e Rio Branco (512 km de distância) e o acesso a combustível fez com que três distribuidoras de combustível de Rio Branco ficassem com estoques esgotados (ESTADÃO, 2014 - <http://www.estadao.com.br/noticias/cidades,com-estrada-fechada-acre-segue-isolado-e-tem-risco-de-desabastecimento,1132909,0.htm>).

² Disponível em: <http://www2.transportes.gov.br/bit/02-rodo/3-loc-rodo/loc-rodo/364.htm>.

Figura 37. Rodovia BR-364 inundada próximo de Porto Velho-RO.



Fonte: Correio do Estado, 2014.

O governo do Acre também acionou a representação do Brasil no Peru afirmando, por meio de seu governador que no caso de ser necessário, o abastecimento de combustíveis seria realizado com o produto sendo transportado via porto de Illo, no Peru, através da Rodovia Transoceânica. (A TARDE, 2014 - <http://atarde.uol.com.br/materias/1569871>).

De acordo com aferição divulgada pela Agência Nacional de Águas, o Rio Madeira estava a 17,70 metros acima do nível normal. A Defesa Civil elevou a enchente para o nível III, que representa altíssimo risco. Os desabrigados somaram mais de mil famílias, que em sua grande maioria são moradores de bairros localizados às margens do rio, outra parte é composta por moradores de distritos de Porto Velho e comunidades ribeirinhas também atingidas pelas cheias. Órgãos públicos como Tribunal Regional Eleitoral (TRE-RO) e Receita Federal tiveram seus atendimentos alterados devido à impossibilidade dos serviços serem desempenhados com normalidade. No município de Nova Mamoré mais de quinhentas famílias tiveram que sair de suas residências e em Guajará-mirim a preocupação dos moradores se deu em relação ao isolamento da cidade com obstrução da rodovia BR-425 (Figura 38) (CORREIO DO ESTADO, 2014 - http://www.correiodoestado.com.br/noticias/unica-rodovia-que-liga-acre-ao-resto-do-pais-e-interditada_208398/).

Figura 38 – Rodovia BR-425 nas proximidades de Guajará-Mirim-RO.



Fonte: Correio do Estado, 2014.

4.1.24. BR-163 em 18 de fevereiro de 2014

No dia 19 de fevereiro de 2014, o Exército Brasileiro, em atenção à solicitação do DNIT e à situação crítica que se encontrava a Rodovia Federal BR-163, mobilizou o 8º Batalhão de Engenharia de Construção (Santarém/PA), 53º Batalhão de Infantaria de Selva (Itaituba-PA) e o 4º Batalhão de Aviação do Exército (Manaus/AM) para, emergencialmente, minimizar o problema, tendo em vista que as empreiteiras responsáveis por aquele trecho não estavam mantendo a trafegabilidade da rodovia e a manutenção do serviço de transporte (Figura 39).

Figura 39. Atoleiro em Trairão (PA), na localidade de Caracol.



Fonte: Exército Brasileiro, 2014.

Nesse mesmo dia, o 8º Batalhão de Engenharia de Construção iniciou o reconhecimento aéreo dos locais críticos, apoiado pelo 4º Batalhão de Aviação do Exército, constatando que havia centenas de carretas paradas nas localidades de Caracol, Jamanxim e Vila Planalto (Trairão – PA), bloqueando o tráfego na rodovia. Muitas carretas atoladas na lama e atravessadas na estrada. Havia um congestionamento de mais de 20 km, com, aproximadamente, 400 carretas enfileiradas. Em alguns trechos, havia bloqueios nas duas pistas da rodovia.

Em seguida, o Batalhão iniciou a mobilização terrestre e aérea. A primeira ação foi percorrer e levantar os principais pontos críticos e desimpedir a rodovia para permitir a chegada e desembarque dos meios do Batalhão, entre Caracol de Jamanxim (localidades de Trairão – PA). Após isso, foi retirado o solo mole e lançado pedra de mão e brita aumentando a aderência e a capacidade de suporte do leito da estrada. Foram retirados os caminhões que estavam atolados e iniciou-se a organização do imenso comboio de centenas de caminhões, estabelecendo um sistema de Pare e Siga numa extensão aproximada de 20 km. Aos poucos o comboio, nos dois sentidos foi escoando e liberando outros pontos críticos que foram trabalhados pelo Batalhão, de modo que no dia 23 de fevereiro houve o restabelecimento total de tráfego. O Batalhão contou com o apoio da empresa responsável pelo trecho, que forneceu alguns equipamentos e o material usado na conserva. Houve também a ação da Defesa Civil do município de Trairão (PA), na distribuição de alimentos nos pontos de retenção. (EXERCITO BRASILEIRO, 2014 - <http://www.2gpte.eb.mil.br/8BEC%20-%20Trabalhos%20Emergenciais%20na%20163.html>).

4.1.25. BR-230 em 22 de março de 2012

A rodovia Transamazônica apresentou atoleiros que impossibilitaram o tráfego no sudoeste do Pará (Figura 40). O trecho entre a cidade de Altamira e a região das obras da usina hidroelétrica de Belo Monte é o local exato do ocorrido (GLOBO, 2012 - <http://globo.com/rede-globo/jornal-nacional/v/rodovia-transamazonica-no-para-esta-coberta-de-lama/1869874/>). O trecho considerado sem condições de tráfego tem uma extensão de 7 km e, por sua localização, impede o trânsito de máquinas do consórcio construtor da usina hidroelétrica de Belo Monte. Em comparação ao período menos chuvoso, quando se demora 50 minutos em percorrer os 63 km entre a sede de Altamira (PA) e a obra de Belo Monte, o tempo de cinco dias gasto por caminhões para fazer o mesmo trajeto é muito longo (O IMPACTO, 2012 - <http://www.oimpacto.com.br/cotidiano/atoleiros-paralisam-rodovia-transamazonica/>).

Figura 40. Rodovia BR-230 em Altamira-PA interrompida.



Fonte: TV Globo, 2012.

4.1.26. BR-163 em 09 de dezembro de 2013

A Rodovia BR-163, próximo a Trairão (PA), ficou sem condições de tráfego de veículos devido a atoleiro (Figura 41). Uma fila de veículos parados se formou paralisando qualquer serviço de transporte, de pessoas ou de mercadorias (G1 Pará, 2013 - <http://g1.globo.com/pa/para/noticia/2013/12/internauta-denuncia-condicoes-precarias-da-br-163-no-para.html>). A recuperação do serviço se deu em função da mudança do tempo e da diminuição de precipitações. Não houve nenhuma intervenção estatal para a recuperação da infraestrutura.

Figura 41. BR-163 sem condições de tráfego.



Fonte: G1 Pará, 2013.

4.1.27. BR-230 em 11 de março de 2014

A rodovia Transamazônica, devido a atoleiro, causou a interrupção do tráfego no trecho entre os municípios de Novo Repartimento e de Pacajá, ambos no Pará (Figura 42). O trecho sem condições de trânsito de veículos se estendeu por 10 km (DIÁRIO DO PARÁ, 2014 - <http://www.diarioonline.com.br/noticias/para/noticia-277456-.html>). A recuperação do serviço de transportes dependeu da mudança do tempo e da diminuição do regime de precipitações. Não houve nenhuma intervenção estatal relacionada à recuperação da infraestrutura ou da adequação desta às chuvas.

Figura 42. Rodovia BR-230 entre Novo Repartimento e Pacajá (PA) intrafegável.



Fonte: Diário do Pará, 2014.

Para a organização e o processamento da informação levantada são sintetizadas as ocorrências de rodovias interrompidas entre 2011 e 2014 na área de estudo (Tabela 10) de acordo com a causa de cada uma e acompanhada por colunas de dados relevantes para o registro. O mapa de localização que complementa estes dados foi elaborado com o software QGIS, a partir das informações de localização das notícias convertidas em coordenadas geográficas, com base em manual técnico do DNIT³ sobre orientações de nomenclatura, classificação e contagem de quilômetros em rodovias federais (Figura 43). Estas informações foram organizadas através de construção de planilha de interrupção que ordena os classifica os itens de acordo com o desastre causador do impacto.

³ Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/rodovias/rodovias-federais/nomenclatura-das-rodovias-federais>. Acesso em: 25 de agosto de 2014.

A coluna “item” refere-se à ordem na qual os registros foram apresentados no texto, enquanto que “BR” refere-se à rodovia federal que ficou interrompida e discrimina em cada linha o código de referência de cada estrada. A coluna “km” é complementada pela coluna “coordenada” e refere-se à contagem de quilômetros que é empregada pelo DNIT para situar a localização do corte da estrada. A coluna denominada “referência” reporta o local empregado pela fonte da notícia para descrever a ocorrência. Em “UF” informa-se a unidade federativa estadual, enquanto que as colunas “Motivo” e “Data” reportam o impacto de primeira ordem que desencadeia a interrupção da rodovia e data na qual ocorreu o fato, respectivamente.

Tabela 10. Interrupções em rodovias federais na Amazônia brasileira entre 2011 e 2014 ordenadas por causa.

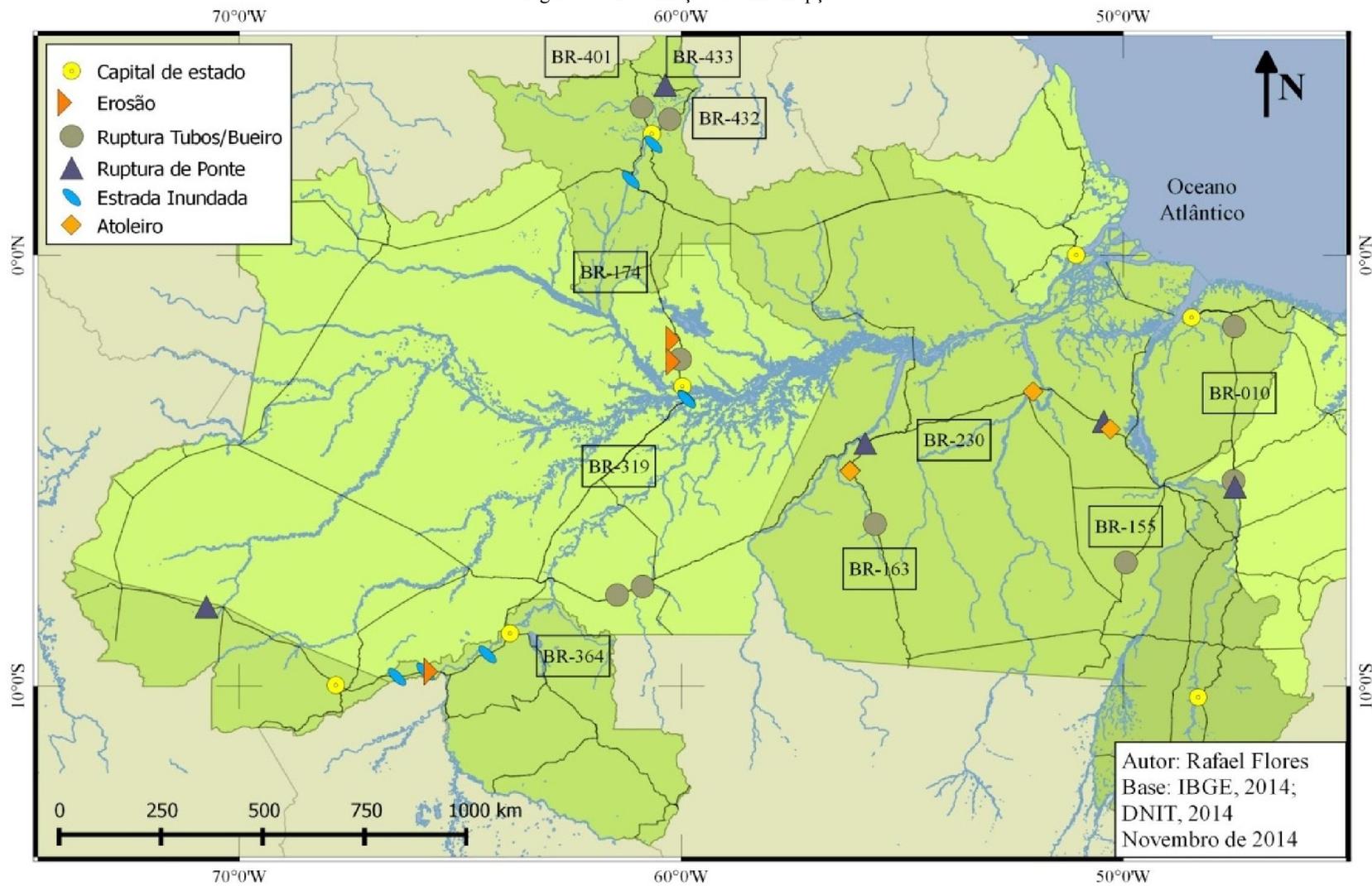
| Item | BR | km | Referência | UF | Data | Motivo | Figuras | Coordenada | |
|--------|-----|------|-----------------------------|----|----------|-----------------------------|-------------------|------------|-----------|
| | | | | | | | | Latitude | Longitude |
| 4.1.1 | 174 | 118 | Presidente Figueiredo | AM | 2/3/14 | Erosão | Figura 19 | -1.96 | -60.03 |
| 4.1.2 | 174 | 58 | Manaus | AM | 5/3/14 | | - | -2.47 | -60.03 |
| 4.1.3 | 364 | 232 | Porto Velho | RO | 24/3/14 | | - | -9.65 | -65.51 |
| 4.1.4 | 174 | 83 | Presidente Figueiredo | AM | 1/4/11 | Ruptura de tubos de Bueiros | 20 e 21 | -2.42 | -60.03 |
| 4.1.5 | 010 | 317 | São Miguel do Guamá | PA | 24/4/11 | | 22 e 23 | -1.65 | -47.49 |
| 4.1.6 | 174 | 581 | Paracaima | RR | 18/4/12 | | 24 | 3.42 | -60.89 |
| 4.1.7 | 230 | 3698 | Apuí | AM | 23/2/13 | | 25 | -7.68 | -60.87 |
| 4.1.8 | 401 | 66 | Roraima-Guiana | RR | 3/5/12 | | 26 | 3.14 | -60.26 |
| 4.1.9 | 230 | 280 | Apuí - Humaitá | AM | 17/2/14 | | 27 | -7.88 | -61.45 |
| 4.1.10 | 010 | 271 | Imperatriz - Açailândia | MA | 17/2/14 | | 28 | -5.23 | -47.51 |
| 4.1.11 | 163 | 2843 | Moraes de Almeida | PA | 28/2/14 | | - | -6.24 | -55.62 |
| 4.1.12 | 155 | | Xinguara | PA | 19/11/14 | | 29 | -7.12 | -49.94 |
| 4.1.13 | 433 | 99 | Normandia - Paracaima | RR | 6/6/11 | | Ruptura de Pontes | - | 3.93 |
| 4.1.14 | 010 | 1388 | Imperatriz | MA | 17/2/14 | 30 | | -5.38 | -47.47 |
| 4.1.15 | 230 | 2172 | Marabá - Altamira | PA | 28/10/14 | 31 e 32 | | -3.86 | -50.44 |
| 4.1.16 | 364 | 544 | Rio Tarauacá | AC | 20/11/14 | 33 | | -8.15 | -70.74 |
| 4.1.17 | 432 | 185 | Cantá - Sul de Roraima | RR | 6/6/11 | Inundação | 34 | 2.56 | -60.63 |
| 4.1.18 | 174 | 632 | Caracará | RR | 6/6/11 | | 35 | 1.74 | -61.14 |
| 4.1.19 | 319 | 18 | Sentido Humaitá | RO | 17/2/14 | | - | -3.33 | -59.87 |
| 4.1.20 | 319 | 20 | Sentido Humaitá | RO | 17/2/14 | | - | -3.35 | -59.87 |
| 4.1.21 | 364 | 871 | Jaci-Paraná | RO | 18/2/14 | | - | -9.77 | -66.43 |
| 4.1.22 | 364 | 800 | Prox. Ponte rio Jaci-Paraná | RO | 27/2/14 | | - | -9.65 | -65.79 |
| 4.1.23 | 364 | 2884 | Jaci-Paraná - Porto Velho | RO | 19/2/14 | | 36, 37 e 38 | -9.26 | -64.39 |
| 4.1.24 | 163 | 3009 | Caracol / Trairão | PA | 18/2/14 | | Atoleiro | 39 | -4.99 |
| 4.1.25 | 230 | 2413 | Altamira | PA | 22/3/14 | 40 | | -3.17 | -52.04 |
| 4.1.26 | 163 | 3006 | Trairão | PA | 09/3/13 | 41 | | -5.01 | -56.18 |
| 4.1.27 | 230 | 2162 | Novo Repartimento | PA | 11/3/14 | 42 | | -4.04 | -50.29 |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.2. Mapa Temático

A Figura 43 resulta de uma sobreposição às bases dos limites político-administrativos dos estados da região Norte de uma camada elaborada com as coordenadas dos pontos de desastres levantados no trabalho. As planilhas de coordenadas X, Y utilizadas foram construídas a partir da pesquisa da ocorrência dos desastres em órgãos oficiais, como o relatório de reparos e obras decorrentes de chuvas desenvolvidos pelo DNIT através de suas regionais nos estados, além de meios de comunicação não oficiais, como jornais e revistas da área de transportes. Essas coordenadas foram obtidas com base na localização informada nas fontes, informados por quilometro. Para localizar o ponto da interrupção o manual do DNIT de nomenclatura e orientação, disponível em página de internet, foi utilizado.

Figura 43. Localização das interrupções.



Fonte: Elaborado pelo autor com bases cartográficas DNIT, 2014 e IBGE, 2014.

4.3. Avaliação de impactos e custos de desastres naturais em infraestrutura

Todas as rodovias em questão nesta dissertação são de concessão pública, isto é, sua gestão e manutenção são de responsabilidade do Estado brasileiro. A exceção a isto pode ser, nos próximos anos, a rodovia BR-163 que já tem um trecho de 851 km concedido por 30 anos à administração privada no estado do Mato Grosso, estando em estudo a realização do mesmo procedimento pelo governo federal, através da Agência Nacional de Transportes Terrestres, em trechos no Pará (G1 MATO GROSSO, 2014 - <http://g1.globo.com/mato-grosso/agrodebate/noticia/2014/09/primeiro-ano-de-concessao-deve-ter-16-da-br-163-duplicada-em-mt.html>).

O Estado brasileiro tem um permanente custo para a recuperação mediante a reconstrução de trechos das estradas impactadas por fenômenos naturais. Este custo de recuperação deve ser diferenciado do custo de manutenção (que está relacionado reparos programados) de modo que o DNIT, anualmente, disponibiliza orçamento estimativo que constantemente é alterado para lidar com as recuperações emergenciais - o Plano Anual de Trabalho e Orçamento (PATO). Segundo o representante deste órgão no Pará, o plano, embora seja elaborado com base nos custos dos anos anteriores e em índices de insumos e serviços de construção civil, sempre é objeto de modificações na forma de aditivos para que as obras de caráter emergencial sejam executadas. As licitações são realizadas para que a empresa vencedora fique a cargo dos serviços por um período de dois anos, sendo prorrogável este contrato por mais dois anos. Isto significa que a empresa elabora sua proposta de acordo com o PATO e os valores são modificados de acordo com as necessidades e com as rodovias que apresentam danos. Por estas razões é um custo variável de difícil quantificação mesmo para o próprio órgão. Além do controle dos custos ser difuso, o órgão somente realiza a transparência da informação desde 2012. Sob esta perspectiva e com a visão de mercado das empresas, as estradas que mais lhes são convenientes para estar a cargo são aquelas que continuamente apresentam necessidades de recuperação emergencial.

As licitações do DNIT são realizadas com base na Lei Federal 8.666/1993 que institui normas para licitações e contratos da administração pública. Além do aspecto legal, o órgão regulamenta este procedimento, utilizando duas plataformas principais: CREMA (Contrato de Restauração e Manutenção) e SICRO2 (Sistema de Custos Rodoviários). A primeira é uma plataforma para a elaboração do projeto de necessidades, seguindo uma metodologia que evidencia necessidades e soluções por segmento de rodovia. A segunda plataforma fornece

custos unitários básicos para a aquisição de cada serviço (Tabela 11), sendo a base para a composição das planilhas orçamentárias que dirigem o processo licitatório. No entanto, é necessário destacar que estes planos são continuamente superados em termos de quantias destinadas a tais obras. Legalmente, os contratos são então efetuados com duração de dois anos, sendo prorrogáveis por mais dois anos, período durante o qual a empresa contratada fica a cargo de efetuar manutenção em determinado trecho. A contratação não contempla obras emergenciais de recuperação de infraestrutura que, embora realizadas frequentemente pelas próprias empresas, são objeto de aditivos de caráter emergencial.

Tabela 11. Sistema de Custos Rodoviários – SICRO2/DNIT.

| DNIT - Sistema de Custos Rodoviários | | | | SICRO2 | |
|---|--|-----------------------|---------------|-----------------------|--------------|
| Atividades Auxiliares | | | | Pará | |
| Resumo dos Custos Unitários de Referência: Julho de 2014 | | | | RCTR0330 | |
| Código | Atividade / Serviço | Custo Unitário | | Preço Unitário | |
| | | Und | Direto | LDI | Total |
| 1 A 00 001 05 | - Transp. local c/ basc. 10m3 rodov. não pav (const) | tkm | 0,63 | 0,00 | 0,63 |
| 1 A 00 001 06 | - Transp. local c/ basc. 10m3 rodov. não pav (consv) | tkm | 0,76 | 0,00 | 0,76 |
| 1 A 00 001 07 | - Transp. local c/ basc. 10m3 rodov. não pav (restr) | tkm | 0,74 | 0,00 | 0,74 |
| 1 A 00 001 08 | - Transporte local c/ basc. p/ rocha rodov. não pav. | tkm | 0,88 | 0,00 | 0,88 |
| 1 A 00 001 40 | - Transp. local c/ carroceria 15 t rodov. não pav. | tkm | 0,82 | 0,00 | 0,82 |
| 1 A 00 001 41 | - Transporte local c/ carroceria 4t rodov. não pav. | tkm | 1,01 | 0,00 | 1,01 |
| 1 A 00 001 50 | - Transporte local c/ betoneira rodov. não pav. | tkm | 1,07 | 0,00 | 1,07 |
| 1 A 00 001 60 | - Transp. local c/ carroc. c/ guind. rodov. não pav. | tkm | 0,79 | 0,00 | 0,79 |
| 1 A 00 001 90 | - Transporte comercial c/ carroc. rodov. não pav. | tkm | 0,48 | 0,00 | 0,48 |
| 1 A 00 001 91 | - Transporte comercial c/ basc. 10m3 rod. não pav. | tkm | 0,50 | 0,00 | 0,50 |
| 1 A 00 002 00 | - Transporte local c/ basc. 5m3 rodov. pav. | tkm | 0,45 | 0,00 | 0,45 |
| 1 A 00 002 03 | - Transp. local material para remendos | tkm | 1,24 | 0,00 | 1,24 |
| 1 A 00 002 04 | - Transporte Local CBUQ c/ caçamba térmica | tkm | 0,90 | 0,00 | 0,90 |

Fonte: SICRO2 DNIT, 2014.

Para ser objeto das licitações de recuperação e manutenção de estradas, este órgão disponibiliza custos unitários de insumos e de serviços para a composição das planilhas orçamentárias a serem publicadas e concorridas pelas empresas. Infelizmente, os orçamentos são referentes às estimativas de manutenção das estradas para cada ano, fazendo com que seja pouco precisa e pouco eficiente para a gestão pública desta infraestrutura. Existem mecanismos de acompanhamento das medições das obras que são disponibilizados ao público por meio da página do DNIT, porém, como as interrupções em estradas ocorrem de maneira difusa geograficamente e sem custo fixo ou conhecido, o custo termina por ser sempre maior, segundo o representante do órgão, Mário Bahia. Alguns exemplos destas ferramentas são o CREMA e o Boletim Eletrônico de Medições (BEM). O primeiro representa um método para realizar contratações de empresas que contempla mais formas de controle de gastos para obras emergenciais, enquanto que o segundo permite ao cidadão acessar as medições realizadas pelo

órgão. Estas informações ajudam ao controle de obras para o órgão, mas ainda se encontram em fase inicial de aplicação, o que ainda não permite avaliação de desempenho, ou não são eficazes para a redução de custos na gestão de longo prazo, a qual controla o custo, mantém preventivamente o trecho e evita futuras despesas estatais com recuperação.

Com essa realidade de despesas difícil de ser quantificada a análise de custos se dá por meio de leitura comparativa e classificatória de danos à infraestrutura (Tabela 12). A coluna custo é função do tempo de recuperação e da demanda da via. Desta forma, a análise considerou que a rodovia BR-010 em uma situação hipotética de mesma interrupção com condições idênticas teria um custo maior que a rodovia BR-155 por possuir uma demanda maior, embora se refira à infraestrutura e não ao serviço. Isto porque o serviço mais solicitado requer um tempo de recuperação menor, que se reflete em maior custo com contratação e com execução de serviços de recuperação da estrada em si, assim como construção de alternativas temporárias, como pontes metálicas, por exemplo. Desta maneira a categorização está organizada por tipo de interrupção, com o custo destacado em uma graduação de três cores: verde claro para o que se leu como nenhum custo ou zero investimento, verde escuro para baixo custo e vermelho para alto custo de recuperação. Esta divisão em categorias é fundamental para a análise de custos de infraestrutura ser combinadas com a análise de prejuízos relacionados à interrupção do serviço de transporte de pessoas e de mercadorias e avaliar o impacto econômico de desastres.

Tabela 12. Custos e danos à infraestrutura

| Evento | Impacto | Velocidade | | | Custo de recuperação (tempo e demanda) |
|--------|--|---|--|--|---|
| | | Descrição do impacto | Descrição de serviços | Recuperação | |
| 5.1.1 | Erosão | Percepção brusca. Erosão desintegra as camadas do pavimento até criar uma camada vazia que provoca o desmoronamento do trecho afetado. | Terraplenagem e Pavimentação | Rápida. Obra de caráter emergencial para reconstrução do trecho atingido. | Alto |
| 5.1.2 | | | | Lenta. Ponte para alternativa de tráfego até que a obra de terraplenagem fora realizada. | Baixo |
| 5.1.3 | | | | Lenta. Realização de obra de terraplenagem para reconstituição do trecho | Baixo |
| 5.1.4 | Ruptura de Tubos | Percepção brusca. Vazão solicitada maior que vazão de projeto nos tubos em função de precipitação intensa, resultando na desintegração da galeria | Drenagem, terraplenagem e pavimentação. | Lenta. Reconstrução iniciada no mesmo dia com orientação da PRF para não utilização da rodovia pelos usuários. | Baixo |
| 5.1.5 | | | | Rápida. Terraplenagem realizada em cinco dias. Alternativa disponível. | Alto |
| 5.1.6 | | | | Lenta. Ponte para alternativa de tráfego até que a obra de drenagem e de terraplenagem fora realizada. | Baixo |
| 5.1.7 | | | | Lenta. Defesa civil enviou uma equipe para avaliar os danos e fazer levantamento. | Baixo |
| 5.1.8 | | | | Rápida. Defesa civil iniciou processo de mapeamento dos pontos vulneráveis. Obra foi concluída dois dias após. | Alto |
| 5.1.9 | | | | Lenta. | Baixo |
| 5.1.10 | | | | Rápida. Obra de caráter emergencial concluída após cinco dias | Alto |
| 5.1.11 | | | | Lenta. | Baixo |
| 5.1.12 | | | | Lenta. Alternativa com obra de desvio concluída no dia seguinte. | Alto |
| 5.1.13 | | | | Ruptura de Ponte | Percepção brusca. Ruptura de elementos estruturais de ponte ou danos na conexão ponte-estrada |
| 5.1.14 | Rápida. Conexão da ponte-estrada reconstruída. | Alto | | | |
| 5.1.15 | Lenta. Obra de reconstrução da ponte foi necessária e possível somente após o nível do rio baixar. | Alto | | | |
| 5.1.16 | Rápida. Conexão da ponte-estrada reconstruída. | Alto | | | |
| 5.1.17 | Inundação de estrada | Percepção lenta por processo gradual de inundação. Danos à infraestrutura são percebidos (quando existem) depois | Nenhum serviço necessário. Recuperação de pavimento se o tráfego danificar a estrada que está submersa | Sem recuperação. Infraestrutura não foi danificada | Baixo ou zero |
| 5.1.18 | | | | | Baixo ou zero |
| 5.1.19 | | | | | Baixo ou zero |
| 5.1.20 | | | | | Baixo ou zero |
| 5.1.21 | | | | | Baixo ou zero |
| 5.1.22 | | | | | Baixo ou zero |
| 5.1.23 | | | | Lenta. Danos nas camadas da estrutura do pavimento, em função do trânsito de veículos grandes, detectados após o desastre terminar. | Alto |
| 5.1.24 | Atoleiro | Percepção lenta por processo gradual de saturação do solo. Danos à infraestrutura são percebidos de maneira gradual. | Drenagem, terraplenagem e pavimentação. | Rápida. Obra realizada de reconstituição das camadas da estrada através de terraplenagem concluída cinco dias depois da interrupção. | Alto |
| 5.1.25 | | | | Lenta. Avaliação do DNIT aguardada até cinco dias depois da interrupção. | Baixo |
| 5.1.26 | | | | Lenta que depende da mudança no tempo e a diminuição de precipitações. Não houve qualquer intervenção estatal. | Baixo ou zero |
| 5.1.27 | | | | Lenta que depende da mudança no tempo e a diminuição de precipitações. Não houve qualquer intervenção estatal. | Baixo ou zero |

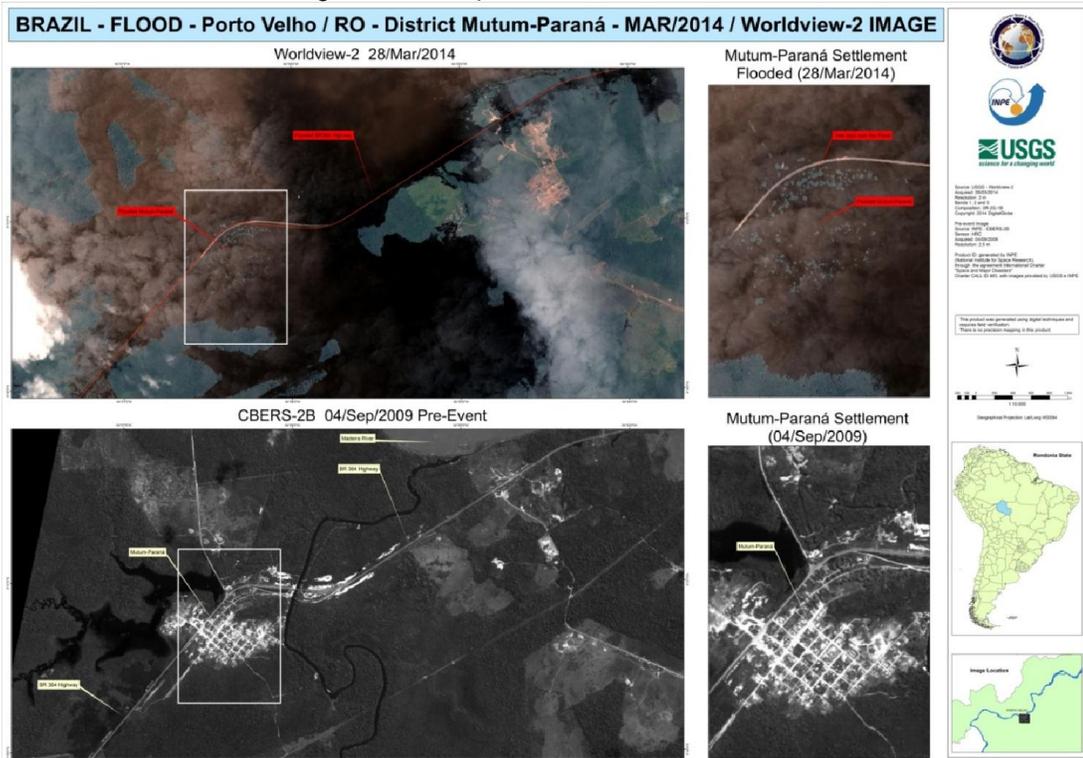
Percebe-se no quadro de custos e danos que, em meio das ocorrências com baixo ou alto custo, aparecem casos nos que foram classificados como zero investimento na recuperação da infraestrutura. Concentram-se nesta classificação aqueles casos nos quais não há interesse econômico urgente para reestabelecer o trânsito ou, em caso de haver este interesse econômico, não existe preparo prévio, o que resulta em impossibilidade de ações, fazendo com que a ação dos gestores seja limitada a esperar o ciclo natural do fenômeno terminar ou reduzir o impacto ao ponto de que seja possível utilizar novamente o trecho. Exemplos deste tipo são inundações de estradas ou atoleiros em alguns trechos. Embora ocorram neste tipo de situação, os casos de investimento zero não podem ser relacionados necessariamente com inundação ou estradas visto que, nestes exemplos, há situações que requerem recuperação rápida ou alternativa de rota do serviço, podendo ter custo alto de recuperação de infraestrutura.

4.4. Avaliação dos impactos na inundação na BR-364 em fevereiro de 2014

Precipitações extremas em áreas da região Norte resultaram em inundação ao longo do curso do rio Madeira, de fevereiro a abril de 2014. Milhares de pessoas foram evacuadas e a inundação, de caráter gradual foi se tornando maior quanto mais o nível das águas subia. O rio Madeira é um afluente do rio Amazonas e a inundação esteve localizada no estado de Rondônia. O nível das águas atingiu nível recorde em 19 de março de 2014, alcançando 19 m acima do nível normal. Isto, combinado com a topografia pouco acidentada daquela região causou uma inundação com uma área considerável (Figura 44). O estado de emergência foi declarado em fevereiro de 2014 e 22 mil famílias foram evacuadas da área. Muitas localidades habitadas ao longo do rio Madeira, assim como rodovias, foram inundadas. As áreas inundadas estenderam-se desde Porto Velho até Mutum Paraná (RO). Não foi registrada nenhuma vítima direta do evento (DISASTERS CHARTER, 2014 - http://www.disasterscharter.org/web/charter/activation_details?p_r_p_1415474252_assetId=A CT-483).

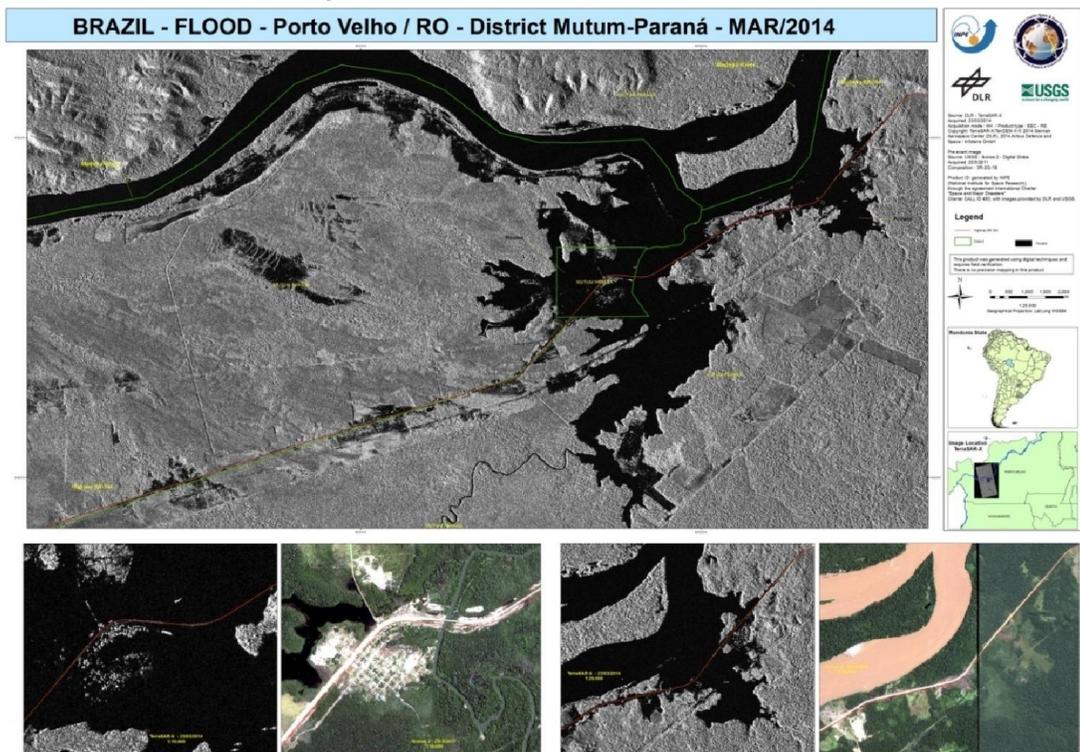
Para apoiar o monitoramento da cheia no Rio Madeira, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) analisou imagens de satélites que foram disponibilizadas pelo *International Charter Space and Major Disasters*, um consórcio de instituições e agências espaciais, como o INPE, que fornece dados orbitais para gestão de desastres naturais em todo o mundo. As imagens sobre o distrito de Mutum-Paraná, em Porto Velho (RO), mostram uma inundação de até 11 km no trajeto da rodovia BR-364 (Figura 45).

Figura 44. Inundação BR-364 em Mutum-Paraná.



Fonte: INPE, 2014. World View-2. Digital globe 2014.

Figura 45. BR-364 inundada em Mutum-Paraná



Fonte: INPE, 2014. Ikonos 2: Copyright © 2001-2013 DigitalGlobe
 RADARSAT-2 Data and Products © MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd. (2014) - All Rights Reserved.
 RADARSAT is an official trademark of the Canadian Space Agency.

Embora diretamente sem vítimas fatais, a inundação da rodovia BR-364 causou impactos em diversas esferas regionais, sejam elas econômicas, sociais ou ambientais. Ocorreram danos infraestruturais após a inundação, explicados pela mecânica e pela hidráulica do fenômeno. O pavimento da rodovia BR-364 é do tipo flexível, diminuindo a sua resistência ao estar até 1,2 m abaixo da superfície de água por atuação do *empuxo* (força em sentido contrário a uma aceleração aplicada em um fluido). Neste caso, a aceleração da gravidade aplicada em uma massa de água, reduziu o efeito da força gravitacional sobre as camadas de solo compactadas causando efeitos de descompactação e redução da resistência daquele pavimento. Ao serem descompactadas, as camadas, agora menos resistentes, não foram compactadas adequadamente após a redução do nível da água, sendo solicitadas de igual maneira como lhes era rotina com a urgente liberação do tráfego, ocasionando danos severos à estrutura do pavimento (Figura 46).

Figura 46. Danos à estrutura do pavimento na rodovia BR-364 após inundação de 2014.



Fonte: G1 Rondônia, 2014.⁴

Com essa realidade ocorrendo em diversos pontos, a recuperação estrutural de trechos completos de rodovia é necessária, representando um dos impactos secundários percebidos após a ocorrência do desastre. Estes danos se devem ao fato de que a rodovia ainda estava inundada quando o tráfego de caminhões foi autorizado. Como o nível de água encontrava-se elevado, possibilitou apenas o trânsito de veículos grandes (e de maior massa), devido à urgência de abastecimento ao estado do Acre, o impacto à estrutura do pavimento foi intensificado quanto maior foi o tempo que a estrada ficou inundada (Figura 47).

⁴ Disponível em: <http://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2014/04/trechos-da-br-364-estao-danificados-apos-inundacao-por-agua-do-madeira.html>

Figura 47. Caminhões trafegam na inundada rodovia BR-364.



Fonte: Rondônia em pauta, 2014⁵

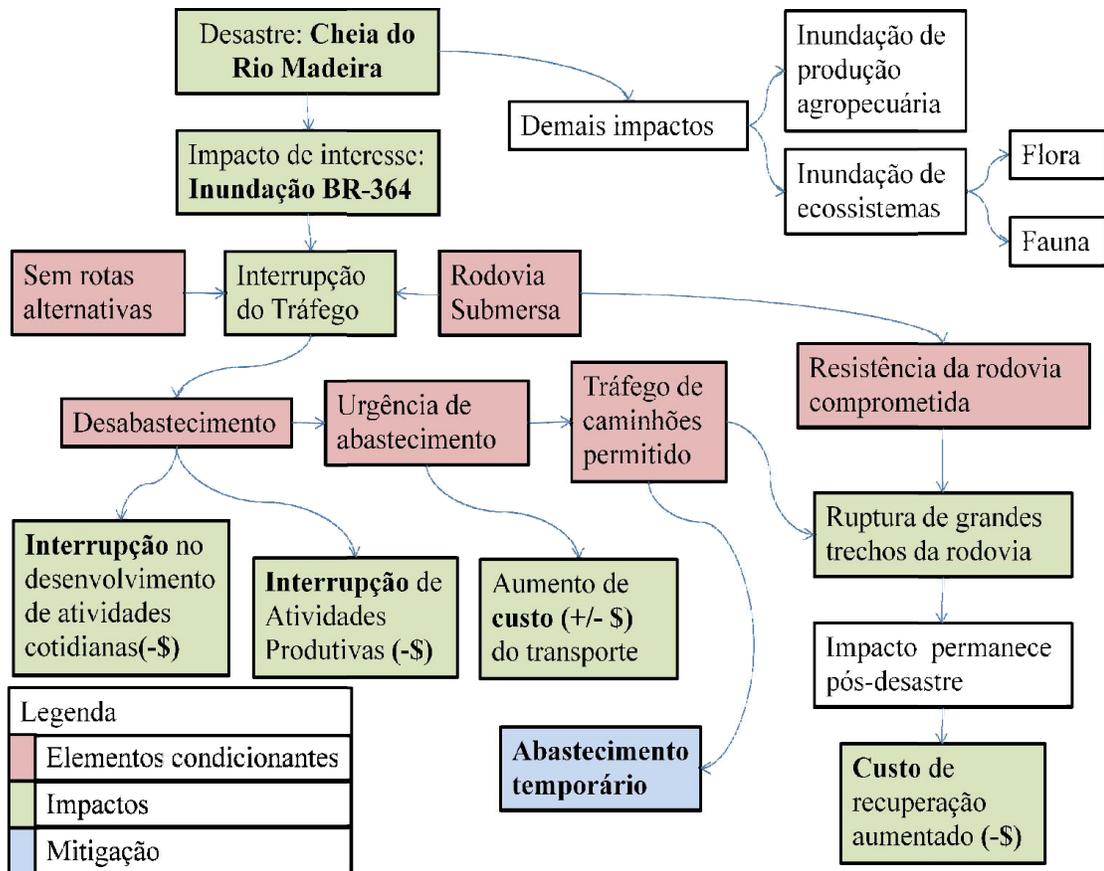
O desastre, primeiro nível hierárquico da sequência de eventos e seu elemento propulsor, é a cheia mais intensa que as anteriores do Rio Madeira que, por sua vez, gerou dois elementos hierárquicos inferiores: o impacto de principal, constituído pela inundação da BR-364 e os demais impactos. Estes impactos são colocados no fluxograma de modo a registrar sua existência, não sendo realizado seu estudo aprofundado nesta investigação, incluindo apenas as derivações correspondentes à inundação de produção agropecuária e a inundação de fauna e flora de ecossistemas. Neste ponto é importante considerar o custo e o impacto econômico de inundação de produção agrícola ou pecuária reiterando que, embora gere um custo e representa impacto econômico ao desenvolvimento daquela região, não é o foco do estudo, que visa impactos de desastres à rede de transportes.

O impacto da inundação da rodovia BR-364 devido à cheia do rio Madeira em Rondônia gera, por sua vez, impactos de segunda ordem como a interrupção do tráfego. Isto somente é possível graças a dois fatos ou elementos que lhe dão condições de interromper o trânsito de veículos: a inexistência de rotas alternativas e o fato de que a rodovia esteve submersa (em alguns trechos com uma profundidade de 1,2 m). Estas condições geram um estado de desabastecimento das localidades que possuem nessa via sua única linha vital de transportes, tal como o estado do Acre e sua capital, Rio Branco. O desabastecimento de uma população estimada de 790.101 habitantes (IBGE, 2014 - <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ac>) durante 64 dias promoveu quatro impactos de terceira ordem: a

⁵ Disponível em: <http://rondoniaempauta.com.br/nl/rondonia-2/dnit-prepara-diagnostico-para-reconstrucao-da-br-364-em-ro/>

interrupção no desenvolvimento das diversas atividades da população, a interrupção de atividades produtivas, o aumento do custo de transporte e a ruptura da estrada em vários trechos. O aumento no custo do transporte é lucrativo para quem o presta e prejudicial para quem o utiliza, sendo condicionado pela urgência de se realizar o abastecimento da região. A ruptura de trechos do pavimento foi causada também pela urgência no abastecimento que conduziu à autorização do tráfego de caminhões, danificando a rodovia que já se encontrava com sua resistência reduzida por estar submersa. Este último impacto, de terceira ordem, se manteve presente inclusive depois da cheia do rio Madeira terminar, causando aumento nos custos de recuperação. Em síntese são quatro os impactos de terceira ordem observados que possuem relação com o sistema de transportes estudado (Figura 48). Os eventos originados pelo desastre possuem uma sucessão temporal de acontecimento e isto torna possível sintetizar a informação com a atribuição de cores para impactos, mitigação e elementos condicionantes para estes. A leitura do processo desta maneira permite identificar não somente a cadeia de impactos, mas também a sequência de elementos condicionantes que se desenvolve para que os eventos ocorram.

Figura 48. Desastre e impactos - Cheia do Rio Madeira, Inundação da rodovia BR-364, impactos e mitigações.



O componente econômico nestes impactos pode ser prejudicial ou benéfico, se consideradas as empresas que se dedicam ao transporte (ex. aumento de passagens aéreas). Da condição de desabastecimento originam-se dois elementos condicionantes: a própria urgência de abastecimento de produtos e serviços à população e a permissão de tráfego de caminhões de grande porte, que conseguem locomover-se na estrada submersa em até um metro. Esta permissão mitiga o impacto promovendo um abastecimento temporário. Por outro lado - e atuando em conjunto com outra condicionante derivada do estado de submersão da rodovia: a resistência da rodovia comprometida - impacta mais uma vez o sistema ao causar a ruptura de grandes trechos por meio da solicitação do pavimento que, submerso em água, não conta com sua resistência de projeto e se rompe. Através de sua permanência após o término do desastre, isto aumenta os custos de recuperação. A matriz de avaliação de impactos de desastres desenvolvida foi então aplicada no caso estudado de inundação da rodovia BR-364 obtendo os detalhes dos impactos derivados deste fenômeno e do grau e influencia para a sociedade de suas consequências (Tabela 13). Nota-se que este método possibilita a comparação dos impactos, extraíndo resultados e destacando quais são os setores da sociedade que são mais afetados por aquele desastre que impacta o elemento de infraestrutura.

Tabela 13. Matriz de avaliação dos impactos da inundação da Rodovia BR-364.

| Desastre | Agente impactante | Aspecto | Impacto | Parâmetros de avaliação ou atributos | | | | | | | | | Grau de influência (3-9) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------|------------|------------------------|----------------|-----------|----------------------|------------------------------|-----------|--------------------------|------------------------------|--|--|----------------------------------|--|--|----------------------------|--|--|---------------------------------|--|--|------------------------------|--|--|
| | | | | Custo | | | Magnitude | | | Duração | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 1 Curta | 2 Média | 3 Longa | 1 Baixo | 2 Médio | 3 Alto | 1 Baixa | 2 Média | 3 Alta | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cheia histórica do rio Madeira (20 m) | Inundação da rodovia BR-364 | Submersão da via | Impossibilidade de tráfego na via | x | | | | | x | x | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Submersão da via | Ruptura de trechos | | | x | | x | | | | x | 8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Submersão da via | Diminuição da resistência da via | | | x | x | | | | | x | 7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Submersão da via | Interrupção do tráfego | x | | | | x | | x | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Interrupção do Tráfego | Sem insumos p/ o setor primário | | | x | | | x | x | | | 7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Interrupção do Tráfego | Sem insumos p/ setor secundário | | | x | | | x | x | | | 7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Interrupção do Tráfego | Sem insumos p/ setor terciário | | | x | | | x | x | | | 7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Interrupção do Tráfego | Sem Turismo da região | | x | | x | | | x | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Interrupção do Tráfego | Sem acesso ao trabalho | x | | | x | | | x | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Interrupção do Tráfego | Sem acesso à educação | x | | | x | | | x | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Interrupção do Tráfego | Sem acesso à saúde | x | | | x | | | x | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Inundação de produção agropecuária | Desabastecimento de alimentos | | | x | | | x | | x | | 8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Inundação de ecossistemas | Interferência na fauna | x | | | x | | | | x | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Inundação de ecossistemas | Interferência na flora | x | | | x | | | | x | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Não tem custos | Tem custo baixo | | | Tem custo alto | | | Até 10% da população percebe | | | Até 50% da população percebe | | | Mais de 50% da população percebe | | | Somente durante o desastre | | | Durante e/ou até 3 meses depois | | | Durante mais de meses depois | | |
| | | | | Recuperação (infraestrutura e serviços) | | | Percepção da população | | | Tempo de permanência | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

5. DISCUSSÕES

A análise e discussão dos resultados encontrados na pesquisa se dividem em dois pontos principais: a distribuição espacial das interrupções na região, com seus impactos, respostas e adaptações e o estudo de caso da inundação da rodovia BR-364, ocasionada pela cheia do Rio Madeira e de seus afluentes. Sendo o estudo de caso uma leitura aprofundada de um caso como os demais descritos apresentam-se algumas comparações e identificam-se algumas peculiaridades deste desastre que impactou os estados do Acre e de Rondônia. Como semelhança destaca-se a inexistência de planos de ação previamente elaborados para enfrentar o desastre, que facilitou a expansão da quantidade de impactos e a maior duração de alguns destes. Observou-se também que a resposta dada pelos gestores pode originar ou intensificar impactos. Neste caso, a resposta à situação de inundação e isolamento de uma população, constituiu-se de maneiras alternativas de transportar mercadorias e pessoas para a região isolada do Acre, através de balsas e portos improvisados e a solicitação de auxílio ao Peru, para ter acesso a combustível. Logo, a resposta ao problema não se deu, imediatamente, de modo a reabilitar a via e sim de encontrar meios alternativos a ela de que as atividades da sociedade não fossem interrompidas.

5.1. Discussões do levantamento e distribuição espacial dos desastres

A leitura das informações, considerando as pressões exercidas sobre o sistema, o estado no qual este se encontrava antes do desequilíbrio, os impactos percebidos e as respostas aplicadas para mitigar o impacto ou adaptar-se a ele (*PSIR - Pressure, State, Impacts and Response*), identificou em cada caso uma forma de lidar com os desastres, tornando possível a interpretação das ameaças às quais o sistema de transporte rodoviário está sujeito na Amazônia.

O levantamento forneceu dados para a construção da metodologia de análise e avaliação de impactos de desastres em infraestrutura. Na maioria dos casos, os impactos são percebidos pela adição de tempo no qual se realizam os deslocamentos, pelo uso adicional de energia (combustíveis), pela utilização de desvios, quando existentes, inseguros e com potencial de promover novas interrupções por acidentes ou por serem rotas sem disponibilidade de serviços aos usuários. Além destes fatores, existe geração de novas formas de transporte (ex. balsas) ou majoração no custo destas alternativas, além do desabastecimento e consequente aumento do custo de produtos. As respostas observadas aos impactos constituem-se de desenvolvimento de mecanismos emergenciais de transporte,

reconstrução de estradas, estabelecimento de rotas alternativas pelas autoridades e estruturação de novos mecanismos de abastecimento que incluem a provisão mais custosa de itens a partir de outras origens.

Acredita-se que o desenvolvimento sustentável se dá, junto com outras condições, por meio da existência e da disponibilidade de uma infraestrutura confiável que possibilite uma circulação de mercadorias segura e em tempo planejado, tornando a região atraente a investimentos com uma disponibilidade de bens e serviços de melhor qualidade nos locais inseridos no sistema. Sob esta perspectiva, no momento do levantamento de dados procurou-se confrontar o que se considera como uma sequência de eventos e ações correta por parte dos gestores com o que aconteceu para verificar que tão distante encontra-se a gestão das estradas na região para que sejam seguras e confiáveis.

O estudo de projeções espaciais e a representação da informação no espaço são entendidos como elementos fundamentais da gestão de infraestrutura. Atualmente, os órgãos dedicados a este tipo de gestão nos estados da área de estudo não possuem ou não disponibilizam ao público informação representada desta maneira, fazendo com que a sua elaboração além de justificada seja interessante, na medida em que possibilita a leitura dos fenômenos de acordo com a sua localização e seu contexto geográfico, social e econômico. Com este procedimento foi possível, como já feito, discutir os fenômenos sob a ótica do meio natural no qual se encontram os seus pontos e questionar os impactos devido ao eixo ou à proximidade de cidades, rios ou demais componentes do meio que se relacionam com aquele ponto.

Em relação aos modos com os quais as estradas são destruídas, total ou parcialmente, observaram-se diferentes condições, localizações e, por consequência, motivos para cada um dos cinco tipos de causas de interrupção de estradas levantadas neste estudo: erosão, ruptura de tubos de bueiros, ruptura de pontes, inundação e atoleiros. Com a leitura do mapa em conjunto com a descrição dos eventos pode-se estabelecer determinados padrões de interrupções. Isto é percebido quando se relaciona o local de interrupção com a descrição do meio biofísico no qual aquela rodovia está inserida, tal como onde há maior variabilidade de precipitações ocorre a interrupção pela ruptura do sistema de bueiros e galerias que trabalham com vazões maiores que as projetadas.

Problemas de erosão foram observados nas rodovias BR-364 e BR-174. Relaciona-se esta causa de interrupção ao processo construtivo e à manutenção da estrada. Erosão ocorre em terrenos elevados adjuntos a terrenos baixos. Sabe-se que a erosão é o desgaste e solos e

de rochas, geralmente por causa do intemperismo. Nestes eventos as erosões que interessam são as de causa pluvial e de fluvial, relacionadas com chuvas e com cheias de rios, respectivamente. Estes fenômenos originam-se por a ação da água que desgasta as camadas de solos que compõem as estradas afetadas. Entende-se, portanto, que precipitações intensas e extremas têm relação com estas interrupções. Além disso, os eventos ocorridos no extremo norte do país ocorrem em maio e junho, enquanto os demais ocorrem nos primeiros meses do ano. Isto porque grande parte do estado de Roraima está no Hemisfério Norte do planeta e tem seu regime de chuvas com outra configuração, concentrando as precipitações mais intensas nestes meses.

A ruptura de sistemas de tubos componentes de bueiros de greide em estradas ocorre em regiões afastadas do eixo central da bacia hidrográfica amazônica. Têm relação com a maior diferença de fluxo entre períodos mais e menos chuvosos. Esta interpretação é justificada pelo fato de que a ruptura de tubos se dá pela ocorrência no sistema de uma vazão maior que a vazão de projeto dos tubos, causando o colapso da galeria, por sua vez dimensionada para vazões menores, ocasionando danos na estrutura do pavimento. Estes casos situam-se em área onde há grandes variações de acumulo de água, seja pela ocorrência de precipitações extremas ou pela grande variabilidade pluviométrica.

As interrupções de estradas relacionadas com o colapso parcial ou total de pontes relacionam-se com condições similares às que afetam os tubos de bueiros: grandes variações de vazão de água entre os períodos chuvosos, afetando os sistemas que não suportam o maior fluxo. Estes casos registraram-se nas rodovias BR-230, BR-010 e BR-433. Além das condições anteriormente descritas agrega-se a precária ou inexistente manutenção destas pontes que, além de antigas, possuem projetos defasados, com 50 ou mais anos de idade, que não mais atendem às atuais condições de tráfego, agravando o problema. Por serem elementos de infraestrutura pontuais, a detecção de problemas das pontes é mais fácil que o levantamento de necessidades de uma rodovia, sendo suficiente a realização de licitações por parte do estado para a sua recuperação ou a reconstrução, embora casos como a ponte sobre o rio Mojú, no estado do Pará, colapsada desde março de 2014 (DIÁRIO DO PARÁ, 2014 - <http://www.diarioonline.com.br/noticias/para/noticia-305068-com-ponte-quebrada-condutores-enfrentam-filas.html>), mostre que a atuação estatal para a solução de problemas com pontes não mostra a eficiência e a eficácia desejáveis, tardando demasiadamente em recuperar a infraestrutura criando apenas mecanismos alternativos como balsas para mitigar o impacto de não se transportar nada.

Ocorrência de atoleiros foi verificada próximo às rodovias BR-230 e BR-163. Atoleiros, sendo fenômenos ocasionados por saturação do solo, são amplificados pela utilização da rodovia sem construção ou manutenção de rede de drenagem, que causa o acúmulo de água no eixo da estrada. Esta utilização é relacionada com a necessidade de transporte para abastecer determinadas localidades. Observou-se que este tipo de interrupção tem pouca ou nenhuma ação do agente gestor da rodovia para ser superada, ficando sua recuperação sujeita ao regime de chuvas e dependendo o tráfego da diminuição deste regime. Isto possui grande representatividade da realidade que esta dissertação busca evidenciar, de falta de eficiência na gestão da infraestrutura no Brasil em relação às ameaças naturais. É comum, na Amazônia, a interrupção de estradas por atoleiros por períodos longos, que podem ser meses, sendo inclusive atrativo para praticantes de trilhas fora de estrada. Isto constitui a não disponibilidade de infraestrutura que o estudo descreve, quando a estrada mesmo existindo não é trafegável para veículos comuns.

Além das questões discutidas a respeito da gestão e da manutenção das estradas é importante destacar o projeto de rodovias. Isto porque no momento de sua concepção é necessário conhecer profundamente a região e o meio biofísico no qual aquela rodovia estará inserida. Tal questionamento foi percebido no processo de construção do mapa e da leitura das imagens de satélite do consórcio *Disasters Charter* que mostram eixos de rodovias localizados paralelamente ao leito de rios (Figura 43 e Figura 45). Estão inseridas nesta realidade importantes rodovias (ex. BR-230 e BR-364). Nestes casos, sabendo da relevância que o regime de chuvas e a variabilidade de vazão dos rios na região, o estudo do potencial de inundação seria essencial para a localização mais adequada do trajeto destas rodovias. Com isto a probabilidade de que a rodovia seja interrompida por inundação em grandes trechos é bastante maior do que se o traçado daquela estrada fosse perpendicular ao eixo do corpo de água, situação na qual o elemento afetado é pontual (ponte ou galeria de tubos) e de mais rápida recuperação. Entende-se que as rodovias construídas na região Norte foram projetadas nas décadas de 1950 e 1960 e não havia as ferramentas ou discussões presentes hoje, no entanto, é importante apontar situações que somente foram percebidas com o exercício de distribuir no espaço na área de estudo os casos estudados.

5.2. Discussões sobre a avaliação de impactos de desastres em infraestrutura

A BR-364 apresentou o caso mais representativo no que diz respeito a impactos ao desenvolvimento das atividades da sociedade. O desastre natural ocorreu e seus impactos foram amplificados, podendo ser compreendidos como impactos secundários, pela ação de permitir tráfego de caminhões na estrada submersa e com resistência comprometida, embora o abastecimento fosse necessário e urgente. Trata-se de um impacto gerado pelo Homem que não existiria sem o componente natural, mas que poderia ser nulo ou menor no caso de haver rotas alternativas. Assim como o que acontece com os atoleiros de rodovias, a inundação é um desastre cuja recuperação depende da observação do meio natural, ficando o retorno das atividades que dependem daquela infraestrutura sujeita ao regime de precipitações e ao nível da água do corpo de água próximo.

A planilha de custos de recuperação mostrou que a maior parte dos eventos gerou um alto custo, seja por tempo curto disponível para obra de recuperação ou por constituir uma estrada sem rotas alternativas na região. Isto evidencia o porquê de se falar em linhas de infraestrutura vital ou infraestrutura crítica. Rodovias estão classificadas dentro deste tipo de infraestrutura, por dar condições às demais infraestruturas funcionarem. Por essa razão preocupa o cenário de suscetibilidade evidenciado no levantamento de ocorrências. É necessário pensar em planos de mitigação de impactos de desastres em infraestrutura crítica no Brasil. discute-se muito a respeito de mitigar os impactos sofridos pela população em eventos naturais (ex. precipitações extremas e inundações urbanas), mas é difícil imaginar isto sendo mitigado se nem a infraestrutura vital para que o país funcione tem este planejamento. No DNIT inexistem preocupações deste tipo, estando o trabalho ligado a eventos naturais relacionado com relatórios de emergências com chuvas. É dizer que o estado apenas remedia a situação, e não a trata como já evidenciado em diversos outros temas.

A aplicação da matriz mostrou, por meio de seus resultados, que é possível analisar impactos de desastres por um modelo, mesmo que sem dados, já que estes podem ser discutidos por categorias. Se a maior parte das células da coluna grau de influencia fosse vermelha teríamos uma rodovia extremamente suscetível, que estaria, pela frequência com que seria afetada, praticamente indisponível para o tráfego a maior parte do tempo. Por outro lado, se após um desastre a rodovia mostrasse em sua matriz a maior parte verde, significaria que é uma rodovia pouco suscetível, seja porque é afetada por ameaças de pouco potencial destrutivo ou por estar preparada para receber impactos e ser resiliente. Mas esta categoria somente seria alcançada, e fato, quando, além de maioria das avaliações verdes houvesse

ausência de células vermelhas, mostrando que em nenhum momento houve um impacto de gravidade ou influencia tal que a danificasse em demasia, prejudicando o seu funcionamento.

Além disto, um dos dois impactos mais importantes decorrentes do desastre foi originado através de ação humana, como resposta, na tentativa de mitigar o desabastecimento: a ruptura de trechos rodoviários graças à circulação de caminhões pela estrada inundada. Isto levanta questionamentos sobre o preparo que possuem os gestores do sistema de transportes para enfrentar um problema que se torna cada vez mais frequente: infraestrutura e demais bens de interesse do Homem ameaçados por fenômenos naturais, estando alguns destes ligados ao processo de mudanças climáticas. É necessário se preparar para enfrentar com qualidade este tipo de ameaça no Brasil.

Constata-se a existência de um obstáculo político-administrativo para lidar com este tipo de ameaça, na medida em que o desastre percebido localmente origina impactos em outras regiões. Com a organização político-administrativa do Brasil, que não necessariamente leva a que estados sejam administrados por representações políticas aliadas, medidas necessárias para a mitigação podem ser mais dificilmente alcançadas. Isto deve compor um elemento chave da análise e da tomada de decisão para que o planejamento seja bem realizado e a execução de planos de mitigação e adaptação aos desastres seja exequível, realidade que atualmente não existe neste contexto. Neste sentido são necessárias ferramentas que complementem e assessoram esta tomada de decisão.

A aplicabilidade da matriz de avaliação de desastres pode ser maior e mais complexa na medida em que a quantidade de dados baseados na cadeia de eventos for maior. Isto significa que quanto maior for esta cadeia, maior será a quantidade de dados e mais precisos serão os resultados do modelo. Por esta razão pode sair da interdisciplinaridade, onde foi elaborada, e deslocar-se para áreas específicas, como a engenharia ou a ecologia, correspondendo a cada área tornar a matriz mais densa, segundo seu interesse.

A valoração mediante cores do custo de recuperação da infraestrutura como baixo, alto e sem custo obedeceu duas variáveis: o tempo e a demanda da via. Isto porque, embora a análise de infraestrutura deva diferenciar-se da análise de interrupção do serviço oferecido, o custo de recuperação da infraestrutura de uma estrada com maior demanda deve ser maior por possuir um caráter emergencial, fazendo com que a contratação de fornecedores para execução dos serviços seja, com base legal, com menos exigências. Já a necessidade de utilização da via pode fazer com que sejam instalados dispositivos temporários como pontes móveis ou tubos metálicos, que aumentam os custos daquela recuperação. A lista de serviços

necessários para a recuperação da infraestrutura, bem como a complexidade deles é diferenciada dependendo do tipo de impacto que foi percebido (ex. erosão, inundação). Por exemplo, uma estrada que foi danificada por um colapso de um sistema de bueiros de greide necessita da execução de drenagem, terraplenagem e pavimentação que correspondem aos serviços de reconstrução da tubulação, reconstituição das camadas compactadas da sua estrutura e recolocação da última camada que, mais frequentemente é a camada asfáltica nas rodovias estudadas, respectivamente. Por outro lado, uma estrada que foi inundada necessita, na maior parte das vezes, de um ou nenhum serviço, dependendo o retorno de seu funcionamento apenas do comportamento do nível da água.

6. CONCLUSÕES

A construção da base de dados espacial das interrupções em rodovias na Amazônia, além de conseguir descrever os casos, serviu como base para que as seguintes etapas da dissertação fossem desenvolvidas. A localização de um ponto em uma rodovia comumente é comunicada por meio do quilometro referência. Porém, por falta de informação ou do domínio desta leva às reportagens que não localizarem corretamente o ponto de interrupção. Um exemplo frequente no levantamento de informações foi a contagem errada de km em uma estrada informada pela notícia ou pelo relatório técnico, sendo realizada a partir da fronteira estadual ou a partir de alguma cidade influente que estivesse próxima, quando a contagem deveria ser feita, segundo o DNIT, a partir do ponto inicial da estrada e não deve recomeçar ao passar para outro estado. Embora, o manual técnico deste órgão orientou esta localização, como já dito, isto não deixou de ser um obstáculo organizar informação desta forma.

Embora o objetivo de distribuir a informação no espaço tenha sido alcançado, é importante destacar a dificuldade em organizar estas informações, refletindo a respeito do domínio da informação sobre a gestão da infraestrutura pública que se tem no país. Devido ao fato de a localização não ser bem apresentada pelas notícias, quando se tratou com jornais ou revistas, os dados tiveram que passar por um processamento até que estivessem claros e prontos para servir de objeto de análise. Este obstáculo, mais do que dificultar a pesquisa em si, torna a gestão e o controle dos gastos mais complexos, fazendo com que os custos fiquem difusos e de difícil interpretação. Neste sentido, a elaboração da base de dados conseguiu alcançar o objetivo, na medida em que apresenta a informação organizada para o que a dissertação deseja mostrar, mas também o processo desta organização, contido na metodologia da pesquisa, serve como orientação para que se consiga melhor gerir e disponibilizar esta informação ao público por parte dos gestores.

O processo de levantamento dos casos de interrupção foi interessante já que levou a perceber relações de espaço geográfico, características de construção e características do meio biofísico. Uma característica que chamou bastante a atenção durante este processo foi a evidente condição natural presente em determinada região que sofreu com uma rodovia, inserida naquele meio, ficando inutilizável por causa de uma precipitação extrema ou uma inundação, por exemplo. Isto significa que em alguns casos parece bastante provável que o impacto vai acontecer e chega a ser frustrante como determinadas rodovias são construídas, sendo evidente que não estão adequadas ao meio no qual estão inseridas. Esta realidade

levanta questionamentos em relação à motivação pela qual isto acontece, surgindo hipóteses sobre a idoneidade dos contratos de construção e manutenção realizados entre o Estado e as empresas. Este tipo de reflexão é importante para criar e aumentar o senso crítico na população e na gestão pública, acreditando-se que isto faz parte do caminho em direção ao desenvolvimento sustentável.

A metodologia de análise de impactos de desastres mostrou que é possível desenvolver programas de adaptação e de prevenção, assim como de rápida recuperação da infraestrutura afetada por fenômenos naturais na região amazônica. Esta ferramenta de avaliação permite classificar diferentes tipos de interrupções que correspondem ao conjunto de desastre mais os seus impactos, permitindo desta maneira classificar onde e quando acontece, assim como qual tipo de desastre. Isto permite traçar o quadro da relação entre desastres e desenvolvimento possuindo como elemento conector a infraestrutura, como promotora de desenvolvimento e suscetível a desastres, alcançando assim um dos objetivos específicos.

Por meio da categorização e da classificação dos tipos de desastres que impactam as rodovias na Amazônia é possível pensar em aplicar o mesmo processo para outros tipos de infraestrutura que, de alguma maneira, ao serem interrompidas afetam o desenvolvimento de uma sociedade. Por se tratar de um modelo, não se apresentam dados concretos, uma vez que a maior parte do tempo no qual a pesquisa durou, se concentrou em desenvolver o mecanismo apresentado. Importa dizer que isto não a desqualifica quanto um instrumento de avaliação da situação das estradas, servindo como base para que órgãos relacionados ao monitoramento de estradas ou empresas concessionárias de rodovias utilizem a ideia e a adaptem às suas necessidades locais, que dependem de fluxos de veículos, dinâmica de movimentos e condições biofísicas nas quais as estradas se encontram, o que é definido pelo clima, o relevo, a proximidade a corpos de água, entre outros fatores.

Esta dissertação se realizou com o pensamento de promover pesquisas que sejam complementadas por uma análise socioeconômica do impacto dos desastres, servindo desta forma como elemento propulsor de linhas de investigação em programas de pesquisa interdisciplinares que são necessárias para pensar o desenvolvimento do país em função do investimento e gestão de sua infraestrutura. É necessário identificar casos e estudá-los para evidenciar ainda mais a debilidade na qual se encontra a infraestrutura, destacando isto como um dos pilares do desenvolvimento de uma região peculiar que requer ser desenvolvida sob a ótica de novos modelos, de preferência em contrariedade com os que devastam para construir.

A região amazônica é, sem dúvidas, uma grande extensão geográfica e por essa razão apresenta condições de pluviosidade, hidrologia e formação geológica muito diversificada. Isto contribui para a ocorrência dos eventos estudados. Porém, é importante e, talvez o mais relevante do estudo, destacar a fraca e quase inexistente atuação de fiscalização e manutenção das linhas vitais de transporte nesta região. Embora em contraste com regiões mais povoadas e desenvolvidas economicamente do país, como as regiões sul e sudeste, não apresente a concessão de rodovias à iniciativa privada, sua manutenção é essencial para determinados aspectos do desenvolvimento regional. Recentemente começou o processo de concessão de trechos da rodovia BR-163 no estado de Mato Grosso. Isto para dizer que o problema maior não é que, como comumente é apresentado, o meio natural é rigoroso demais com seu regime de precipitações e de vazão de rios com bacias de grandes dimensões, mas sim que a gestão das linhas vitais de infraestrutura na Amazônia é deficiente e precisa de investimentos para proporcionar um novo canal de desenvolvimento ao país.

A pesquisa sobre gestão da infraestrutura pública deve ser aprofundada e seu estudo deve ser estimulado para primeiramente evidenciar suas debilidades e posteriormente criar sistemas de gestão pensando no futuro, considerando o seu desgaste, as futuras necessidades de desenvolvimento e as futuras condições naturais, em especial levando em consideração as mudanças climáticas. Para refletir sobre o atual cenário da gestão da infraestrutura pública, é possível considerar os casos recentemente discutidos sobre problemas no abastecimento de água na região sudeste do Brasil. Há, claramente, uma má gestão da infraestrutura responsável por fornecer água a uma região, não sendo responsabilidade das condições climáticas a situação pela qual passam milhões de pessoas. Evidentemente existe uma menor curva de precipitações se comparada a outros anos, mas isto não justifica a realidade de falta de água em uma região que está construída sobre ricas reservas de água subterrânea. É desta maneira que deve ser encarada a relação existente entre a gestão da infraestrutura e as condições naturais de uma região, representadas por infraestrutura que fornece serviços como água potável ou transportes e comportamentos naturais como enchentes ou secas. No que diz respeito à gestão de rodovias ou de outras infraestruturas de transportes, deve ser pensado o atual desenvolvimento no qual se encontra o país, mas também pensar as necessidades futuras, seja as necessidades humanas ou as que são ou serão impostas pelo meio natural, constituindo esta a razão pela qual incentivar o estudo nesta linha de pesquisa é importante.

É preocupante que a matriz mostre que um dos dois impactos de maior peso seja decorrente de ação do próprio homem como resposta aos impactos do desastre. O fato de que

a estrada seja danificada e assim amplificar os efeitos danosos de uma ação natural evidencia a falha na gestão da infraestrutura que termina por agravar o problema ao invés de mitigá-lo ou superá-lo. Por essa razão a investigação complementar a este trabalho deve ser encorajada de forma a desenvolver mecanismos para enfrentar com mais competência as ameaças naturais às infraestruturas na Amazônia e no Brasil.

Para planejar o desenvolvimento regional é cada vez mais difícil agir sem conhecer o que se que planejar e sem compreender o comportamento do meio natural através de suas respostas ao meio construído. É indispensável gerar conhecimento de monitoramento e de gestão da natureza e da infraestrutura, em especial conhecer as mudanças no clima e, desta maneira, conseguir avançar no conhecimento do que será necessário fazer daqui a algumas décadas para que seja possível se desenvolver. Este conhecimento deve começar agora para que seja utilizado pelas próximas gerações de pesquisadores e de gestores.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Paulo Roberto. A experiência brasileira em planejamento econômico: uma perspectiva histórica. In: James Giacomoni; José Luiz Pagnussat. (Org.). **Planejamento e Orçamento Governamental, Coletânea**. Brasília, 2006, v. 1, p. 193-228.

ALSDORF, Doug; BATES, Paul; MELACK, John; WILSON, Matt; DUNNE, Thomas. The spatial and temporal complexity of the Amazon flood measured from space. **Geophysical Research Letters**, 2007. 34 p.

AMBIENTE BRASIL. Floresta Amazônica - Geologia e Relevô. Ambiente Amazônia. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/amazonia/floresta_amazonica/floresta_amazonica_-_geologia_e_relevo.html>. Acesso em: 22 set. 2014.

AMETSOC. American Meteorology Society. **Glossary of Meteorology**. Disponível em: <http://glossary.ametsoc.org/wiki/Main_Page>. Acesso em: 26 ago. 2014.

ANDRADE, Milena Marília Nogueira de. **Universidade Federal do Pará: Capacidade adaptativa: uma proposição metodológica de avaliação da vulnerabilidade social às inundações**. 2014. 139 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Socioambiental) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Belém, 2014.

ANTAS, Paulo Mendes; VIEIRA, Álvaro; GONÇALO, Eluisio Antonio; LOPES, Luiz Antonio Silveira. **Estradas: projeto geométrico e de terraplenagem**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 282 p.

ARAÚJO, Maria da Piedade. **Universidade de São Paulo: Infraestrutura de transporte e desenvolvimento regional: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional**. 2006. 114 f. Tese (Doutorado em Ciências: Economia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

ATLAS NATIONAL GEOGRAPHIC. **Atlas National Geographic: Brasil**. São Paulo : Abril, 2008. v. 2. 96 p.

BANCO MUNDIAL. **Social Development Overview**. Disponível em:<<http://www.worldbank.org/en/topic/socialdevelopment/overview#1>>. Acesso em: 05 fev. 2015.

BALKAN, Onur; DEMIRER, Halil. MECHANICAL properties of glass bead -and wollastonite-filled isotactic-polypropylene composites modified with thermoplastic elastomers. In: **Polymer Composites**. Society of Plastics Engineers. Brookfield, CT, 2010. 31 p.

BANKOFF, Greg; FRERKS, George; HILLHORST, Dorothea. **Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People**. New York: Earthscan, 2004. 236 p.

BECKER, Bertha. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? **Parcerias Estratégicas**, 12, p. 136-159, 2001. Disponível em: <<http://www.ufpa.br/epdir/images/docs/paper28.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2014.

BOLZAN, Juan Silveira; SILVA, Leandro Régis Lopes da; UCKER, Ernesto; KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha. Matriz de avaliação de impacto ambiental aplicada à triagem e

transbordo de resíduos da construção civil. In: **Disciplinarium Scientia: Ciências Naturais e Tecnológicas**, vol 11, no. 1, p. 115-125, 2010. Disponível em: <http://sites.unifra.br/Portals/36/Tecnologicas%202010/09.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2013.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Senado Federal. Brasília, 1988. 292 p.

BRASIL. **Plano Amazônia Sustentável: diretrizes para o desenvolvimento sustentável na Amazônia Brasileira**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. 112 p.

BRASIL. **Plano Nacional de Energia 2030 v3**. Geração Hidrelétrica. Brasília: Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética, 2007.

BRASIL. Decreto no. 7.257, de 4 de Agosto de 2010. **Diário Oficial da União**. Brasília, Poder Executivo, 2010.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. **Diário Oficial da União**. Brasília, Poder Executivo, 2012.

BURTON, Ian; KATES, Robert; WHITE, Gilbert. **The Environment as Hazard**. New York: Oxford University Press, 1993. 290 p.

CAMPBELL, Flake. **Elements of Metallurgy and Engineering Alloys**. Ohio: ASM International, 2008. 656 p.

CARRUTHER, Bruce G.; BABB, Sarah L. **Economy/society: markets, meanings, and social structure**. New York: Pine Forge Press, 2000. 146 p.

CENAD. **Apresentação: Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres**. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Governo Federal do Brasil. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/defesa-civil/cenad/apresentacao;jsessionid=3B81455C4D066D11438042AD489455C4.lr2>>. Acesso em: 15 set. 2014.

CEPAL. **Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres**. Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago: Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, 2003. 42p.

CHEN, Qin; WILSON, Craig; TAPLEY, Byron. The 2009 exceptional Amazon flood and interannual terrestrial water storage change observed by GRACE. In.: **Water Resources Research**, v. 46, 2010. 10p.

DALZIELL, Erica.; NICHOLSON, Alan. Risk and Impact of Natural Hazards on a Road Network. In: **Journal of Transportation Engineering**, v. 127, n. 2, p. 159–166, 2001. 7 p.

DISASTERS CHARTER. **Flood in north region of Brazil**. Disponível em: <http://www.disasterscharter.org/web/charter/activation_details?p_r_p_1415474252_assetId=ACT-483>. Acesso em: 15 set. 2014.

DNIT. **Manual de Pavimentação**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes: Diretoria de Planejamento e Pesquisa do Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2006. 274 p.

DNIT. **Rodovias Federais Brasileiras**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/rodovias/rodoviasfederais/>>. Acesso em: 18 set. 2013.

DNIT. **Situação das Rodovias – Chuvas 2013/2014**. Ministério dos Transportes - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/sala-de-imprensa/emergencias-chuvas/emergencias-tabela-05.08.14-14h.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2014.

EGER, Helmut; AQUINO, Alberto. **Actuar ante el riesgo, porque los desastres NO son naturales**. Importancia de la gestión del riesgo para el desarrollo sostenible de la Región Amazónica. Lima: OTCA/INWENT/IIAP/GTZ, 2006. 35 p.

ESPINOZA, Jhan Carlo; RONCHAIL, Josyane; GUYOT, Jean Loup; COCHONNEAU, Gerrard; FILIZOLA, Naziano; LAVADO, Waldo; OLIVEIRA, Euclides de; POMBOSA, Rodrigo; VAUCHEL, Philippe. Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia and Ecuador). In: **International Journal of Climatology**, v. 29, 2009. 20 p.

FARIAS, Gorgia Barbosa de Lima de. **Universidade Federal do Pará: Cidades, Vulnerabilidade e Adaptação às Mudanças Climáticas: Um estudo na Região Metropolitana de Belém**. 2012. 89 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento do Desenvolvimento) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Belém, 2012.

FULMER, Jeffrey. What in the world is infrastructure? In: **Investment Strategy**. Infrastructure Investor. p. 30–32, 2009. 3p.

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos., BAPTISTA, Pilar. **Metodología de la Investigación**. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana, 2003. 500 p.

HESS, Laura L.; MELACK, John M.; NOVO, Evelyn M. L. M.; BARBOSA, Claudio C. F.; GASTIL, Mary. Dual-season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin. In: **Remote sensing of environment**, v. 87, 2003. 24 p.

HOLZMANN, Robert; STEEN, Jorgensen. **Social Risk Management: A new conceptual framework for Social Protection, and beyond, Social Protection**. Discussion Paper number 0006. Washington: World Bank, 2000.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Vamos conhecer o Brasil**. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/23250>>. Acesso em: 20 fev. 2015.

INMET. **Instrumentos meteorológicos**. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=instrumentos>>. Acesso em: 22 Ago. 2014.

INTEGRAÇÃO REGIONAL. **Apresentação do Ministério da integração Regional**. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/web/guest/ministerio>>. Acesso em: 23 fev. 2015.

INTEGRAÇÃO REGIONAL. **Observatório do desenvolvimento regional**. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/web/guest/observatorio-do-desenvolvimento-regional>>. Acesso em: 23 fev. 2015.

IPCC. **Climate Change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability – contribution of working group 2 to the IPCC Fourth Assessment Report**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

KARLAFTIS, Matthew G.; KEPAPTSOGLU, Konstantinos L.; LAMPROPOULOS, Sergios. Fund Allocation for Transportation Network Recovery Following Natural Disasters. In: **Journal of Planning and Development**, v. 133. American Society of Civil Engineering, 2007.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. São Paulo: Atlas, 2011. 225 p.

LEOPOLD, Luna B.; CLARKE, Frank E.; HANSHAW, Bruce B.; BALSLEY, James R. A procedure for evaluating environmental impact. In: **United States Geological Service Circular**. United States Government Printing Office, 1971. 16 p.

LIU, Jianguo; DIETZ, Thomas; CARPENTER, Stephen R.; ALBERTI, Marina; FOLKE Carl; MORAN, Emilio; PELL, Alice N.; DEADMAN, Peter; KRATZ, Timothy; LUBCHENCO, Jane; OSTROM, Elinor; OUYANG, Zhiyun; PROVENCHER, William; REDMAN, Charles L.; SCHNEIDER, Stephen H.; TAYLOR, William W. Complexity of Coupled Human and Natural Systems. In: **Science** **317**, 1513-1516, 2007.

MAIA, Maria Adelaide Mansini; TEIXEIRA, Sheila Gatinho; MARMOS, José Luiz; AGUIAR, Carlos José Bezerra de; GONÇALVES, José Henrique. Geodiversidade do Estado do Amazonas. In: Congresso Brasileiro de Geologia 44, Curitiba, 2008. **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia**. Curitiba, 2008.

MANTEGA, Guido. **O Governo Geisel, o II PND e os Economistas**. EAESP-FGV. Relatório de Pesquisa nº 3, 1997.

MARTINS, Luciano. **Estado capitalista e burocracia no Brasil pós-64**. São Paulo: Paz e Terra, 1985.

MARENCO, José A.; NOBRE, Carlos A.; TOMASELLA, Javier; OYAMA, Marcos D.; OLIVEIRA, Gilvan Sampaio de; OLIVEIRA, Rafael de; CAMARGO, Hélio; ALVES, Lincoln M.; BROWN, Foster. The drought in Amazonia in 2005. In: **Journal of Climate**, v. **21**, 2008. 21 p.

MARENCO, José A.; TOMASELLA, Javier; SOARES, Wagner R.; ALVES, Lincoln M.; NOBRE, Carlos A. Extreme climatic events in the Amazon basin. In: **Theoretical and Applied Climatology**, v. **107**, 2011. 12 p.

MCEER. **Infrastructure Lifelines – Resource Guide | MCEER Information Service**. Disponível em: <http://mceer.buffalo.edu/infoservice/reference_services/lifelines.asp>. Acesso em: 12 set. 2013.

MELACK, John M.; HESS, Laura L.; GASTIL, Mary; FORSBERG, Bruce R.; HAMILTON, Stephen K.; LIMA, Ivan B. T.; NOVO, Evelyn M. L. M. Regionalization of methane emissions in the Amazon basin with microwave remote sensing. In: **Global Change Biology**, v. 10, 2004. 15 p.

MOTA, Suetônio; AQUINO, Marisete Dantas de. Proposta de uma matriz de avaliação de impactos ambientais. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. In: VI SIBESA Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vitória, 2002. **Anais do VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Vitória, 2002

NOGUEIRA, Fernando. **Projeto de Drenagem e Pavimentação de Estradas**. Universidade Federal do Pará. Belém, 2009.

NYBERG, Rolf; JOHANSSON, Magnus. Indicators of road network vulnerability to storm-felled trees. In: **Natural Hazards**, v. 60, 2013. 14 p.

OEA. Organização dos Estados Americanos. **What are natural hazards?** Disponível em: <<https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea54e/ch05.htm>>. Acesso em: 20 dez. 2014.

OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. **Regional Development**. Disponível em: <<http://www.oecd.org/gov/regional-policy/regionaldevelopment.htm>>. Acesso: 15 fev. 2015.

O'ROURKE, Thomas Denis. Lessons learned for lifeline engineering from major urban earthquakes. In: Eleventh World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, 1996. **Eleventh World Conference on Earthquake Engineering Anals**, Acapulco, 1996.

PAC. Plano de Aceleração do Crescimento. **Medidas Institucionais e econômicas**. Disponível em:< <http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac/medidas>>. Acesso em: 23 fev. 2015.

PAC. Plano de Aceleração do Crescimento. **11º balanço do PAC 2**. Disponível em:< <http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac/divulgacao-do-balanco>>. Acesso em: 23 fev. 2015.

PAIVA, Rodrigo Carduro Dias de. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Hidrologia da bacia Amazônica: Compreensão e previsão com base em modelagem hidrológica-hidrodinâmica e sensoriamento remoto**. Tese (Doutorado Recursos Hídricos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, 2013.

PETTENGUELL, Catherine. Climate Change Adaptation: enabling people living in poverty to adapt. In: **Oxfam Research Reports**, 48, 2010.

PFAFF, Alexander; BARBIERI, Alisson; LUDEWIGS, Thomas; MERRY, Frank; PERZ, Steohen; REIS, Eustaquio. Road impacts in Brazilian Amazonia. In: **Amazonia and global change**. Washington: American Geography Union, 2009.

PLANEJAMENTO. **Programa de aceleração do crescimento – PAC**. Disponível em: <<http://www.planejamento.gov.br/ministerio.asp?index=61&ler=s881>>. Acesso em 23 fev. 2015.

PLATT, Rutherford H. Lifelines: An Emergency Management Priority for the United States in the 1990s. In: **Disasters**, v. 15, n. 2, 1991. 4 p.

PNDR. **Política Nacional de Desenvolvimento Regional - Texto Referência**. I Conferência Nacional de Desenvolvimento Regional. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/web/guest/nova-politica-nacional-de-desenvolvimento-regional>>. Acesso em: 23 fev. 2015.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Human Development Report 2014**. Disponível em: < <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr14-summary-en.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2015.

RICHEY, Jeffrey E.; MELACK, John M.; AUFDENKAMPE, Anthony K.; BALLESTER, Victoria M.; HESS, Laura L. Outgassing from amazonian rivers and wetlands as a large tropical source of atmospheric CO₂. In: **Nature**, v. 416, 2002. 4 p.

SENA, José Antonio; DEUS, Leandro Andrei Beser; FREITAS, Marco Aurélio V.; COSTA, Lazaro. Extreme events of droughts and floods in Amazonia: 2005 and 2009. In: **Water Resources Management**. v. 26, 2012. 12 p.

SEVILLE, Erica. Resilience: Great Concept but What Does it Mean? In: **Council on Competitiveness - Risk Intelligence and Resilience Workshop**. Wilmington, 2008.

SILVA, José. **A estratégia brasileira de privilegiar as rodovias ao invés das ferrovias**. Brasil Escola. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/por-que-brasil-adotou-utilizacao-das-rodovias-ao-inves-.htm>>. Acesso em: 20 out. 2014.

SILVA, Renaud Barbosa da; NETTO, Maria Aparecida Cavalcanti. **Uma estrutura de apoio à decisão para orientar a escolha de projetos prioritários para a infraestrutura de transporte do Brasil**. Anais do XLII SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Bento Gonçalves, 2010. 12 p.

SOUZA, Antônio Ricardo. As trajetórias do planejamento governamental no Brasil: meio século de experiências na administração pública. In: **Revista da ENAP**, v. 55, n.4, 2004.

SULLIVAN, Arthur; STEVEN, Sheffrin. **Economics: Principles in action**. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2003. 474 p.

SZLAFSZTEIN, Claudio Fabian. Vulnerability and response measures to natural hazard and sea level rise impacts: long-term coastal zone management, NE of the State of Pará, Brazil. **ZMT - Contribution 17**. Bremen, 2003.

SZLAFSZTEIN, Claudio Fabian; STERR, Horst. A GIS-based vulnerability assessments coastal natural hazards, state of Pará, Brazil. **Journal of Coastal Conservation**. v. 11, 2007. 14 p.

SZLAFSZTEIN, Claudio Fabian. Climate change, Sea-level rise and Coastal Natural Hazards: A GIS-Based Vulnerability Assessment, State of Pará, Brazil. In: Human Security and Climate Change, an international workshop. **Human Security and Climate Change, an international workshop Anals**. Oslo, 2005

SZLAFSZTEIN, Claudio Fabian. Natural Disaster Management in the Brazilian Amazon: An Analysis of the States of Acre, Amazonas and Pará. **Natural Disasters**, InTech, 2012.

TANG, Han Song; CHIEN, Steven I-Jy; TEMIMI, Marouane; BLAIN, Cheryl Ann; KE, Qu; ZHAO, Liuhui; KRAATZ, Simon. Vulnerability of population and transportation infrastructure at the east bank of Delaware Bay due to coastal flooding in sea-level rise conditions. In: **Natural Hazards**, 2013. 69 p.

TODARO, Michael P.; SMITH Stephen C. **Economic Development**. Boston: Pearson Highered, 2011. 797 p.

TOMASELLA, Javier; BORMA, Laura S.; MARENGO, José A.; RODRIGUEZ, Daniel A.; CUARTAS, Luz A.; NOBRE, Carlos A.; PRADO, Maria C. R. The droughts 1996-1997 and 2004-2005 in Amazonia: hydrological response in the river main-stem. In: **Hydrological Processes**, v. 8, 2010. 25 p.

TOMASELLA, Javier; PINHO, Patricia F.; BORMA, Laura A.; MARENGO, José A.; NOBRE, Carlos A.; BITTERN COURT, Olga R. F. O.; PRADO, Maria C. R.; RODRIGUEZ, Daniel A.; CUARTAS, Luz A. The droughts of 1997 and 2005 in Amazonia: floodplain, hydrology and its potential ecological and human impacts. In: **Climatic Change**, n. 2, p. 1-24, 2012.

TURNER, Billie Lee; KASPERSON, Roger E.; MATSON, Pamela A.; MCCARTHY, James J.; CORELL, Robert W.; CHRISTENSEN, Lindsey; ECKLEY, Noelle; KASPERSON, Jeanne X.; LUERS, Amy; MARTELLO, Marybeth M.; POLSKY, Colin; PULSIPHER, Alexander; SCHILLER, Andrew. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. In: **PNAS – Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America records**, v. 100, Worcester, 2003. 5p.

UN-ISDR. **The United Nations Office for Disaster Reduction - Terminology**. Organização das Nações Unidas, 2009. Disponível em: <http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf>. Acesso em: 12 set. 2013.

UN-ISDR – United Nations International Strategy for Disaster Reduction. **Hyogo Framework for Action Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters**. Geneva: United Nations, 2011. 107 p.

ZMITROWICZ, Witold; ANGELIS NETO, Generoso. **Universidade de São Paulo: Infra-estrutura Urbana**. Texto Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC, v. 17, EPUSP, São Paulo, 1997. 36p.