



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-00000-TDI/0000

TERRITORIALIDADES EM REDE E A FORMAÇÃO DO URBANO NA AMAZÔNIA: TERRA DO MEIO, UM ESTUDO DE CASO

Carolina Moutinho Duque de Pinho

Proposta de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento
Remoto, orientada pela Dra. Leila Maria Garcia Fonseca e pelo Dr. Antonio
Miguel Vieira Monteiro

INPE
São José dos Campos
Fevereiro de 2009

“Muitas vezes, como ressaltamos, o pano de fundo dos discursos sobre desterritorialização é o movimento neoliberal que prega o ‘fim das fronteiras’ e o ‘fim do Estado’ para a livre atuação das forças de mercado”. Desterritorialização, referida aí à elite planetária, é um mito. Não passa de um rearranjo territorial sobre condições de grande compressão do espaço-tempo, em que as transformações nas relações ligadas à distância e à presença-ausência (o ‘distante presente’) tornam ainda mais intensas as dinâmicas de desigualdade e de diferenciação do espaço planetário.”

*Rogério Haesbaert, 2004
O Mito da Desterritorialização*

SUMMARY

	<u>Page</u>
1 INTRODUÇÃO	5
1.1. Objetivos específicos	13
1.2. Organização do documento	13
2 CONCEITOS E MEDIDAS DE REDES	14
2.1 Conceitos fundamentais	15
2.2 Tipos de redes	18
2.3 Medidas em redes	19
2.4 <i>Weighted networks</i> – Redes com representação de intensidade de seus fluxos	37
2.5 Considerações finais do capítulo	41
3 METODOLOGIA	43
3.1. Área de estudo	43
3.2. Desenvolvimento metodológico	46
3.2.1. Identificação e caracterização dos nós da rede	47
3.2.2. Caracterização dos fluxos das redes técnicas e sociais	51
3.2.3. Experimentos métricas de redes	51
3.2.4. Análise multitemporal da rede de localidades	52
3.2.5. Definir um modelo de formação e transformação do espaço urbano baseada na teoria das redes	52
4. CRONOGRAMA	53
5. REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

Os impactos da aceleração do processo de urbanização brasileira sobre o espaço urbano têm sido tema de investigação de pesquisadores de diversas áreas do conhecimento (CORRÊA, 1994), (SANTOS, 1994). Estes trabalhos contribuíram sobremaneira para o entendimento dos problemas urbanos assim como apontaram algumas soluções e ações mitigadoras para os mesmos (SOUZA, 2000), (SOUZA, 2001). Apesar de fundamentais para o entendimento de dinâmicas importantes do espaço urbano brasileiro a maioria destes trabalhos concentram suas análises em áreas urbanas que estão inseridas em um contexto metropolitano. Pouco se discute a respeito da formação, crescimento e problemas urbanos em espaços fora deste contexto. Quando o assunto refere-se ao espaço urbano da Amazônia a escassez de trabalhos é ainda maior.

O caráter predominantemente urbano da ocupação da fronteira Amazônica é amplamente estudado e discutido (BROWDER e GODFREY, 1990), (MACHADO, 1999), (BECKER, 2008) e (BECKER, 2005). Entretanto poucas análises foram realizadas sobre a expressão desta urbanização dentro dos municípios da região amazônica. Estes congregam um mosaico de diferentes formas de ocupação: cidades, vilas ribeirinhas, agrovilas, projetos de assentamentos, reservas indígenas, unidades de conservação, pequenos centros de serviços, etc (CARDOSO, 2006).

Uma das características mais importantes que distinguem o espaço urbano amazônico é a peculiar relação entre o rural e o urbano que é resultado das diferentes estratégias de ocupação da região durante as últimas décadas. (BROWDER e GODFREY, 1997) expõem que o processo de urbanização da Amazônia modificou profundamente os contextos econômicos e sociais que definiam o quanto uma porção do espaço era rural ou urbana. Neste trabalho foram detectadas diferenças significativas nos padrões de uso do solo entre os proprietários rurais residentes em áreas urbanas e os residentes em áreas

rurais. Além disso, identificou-se um número crescente de propriedades rurais que seriam absorvidas pelo núcleo urbano principal tornando-se propriedades urbanas. (CARDOSO, 2006) também identificou estas mesmas redes de relacionamento e as articulou em uma tipologia urbana baseada em processos de ocupação distintos.

A dificuldade de se limitar espaços urbanos e rurais não é uma especificidade da Amazônia brasileira, diversos autores discutem este problema (MONTE-MÓR, 2004), (MONTE-MÓR, 2006), (MOREIRA, 2005), (SANTOS, 1994), no contexto das mudanças na divisão territorial do trabalho na fase atual de capitalismo informacional. Os autores salientam que a dicotomia urbano-rural descrevia a sociedade industrial, tanto que alguns mencionam que espaço urbano-industrial era a materialização das características de produção desta sociedade. (MONTE-MÓR, 2006), (MOREIRA, 2005), (SANTOS, 1994) sugerem modelos para explicar esta mudança do espaço urbano. No caso da Amazônia esta relação tem um peso diferenciado, pois esta mudança se dá sobre espaços que até algumas décadas atrás não estavam integrados a economia nacional, e nem ao capitalismo urbano-industrial. Como esta região era pouco ocupada ela teve uma resposta diferente a esses processos. (SANTOS, 1978) em sua definição de espaço afirma o papel das estruturas remanescentes de outros períodos (as rugosidades espaciais) na absorção de transformações funcionais. (SANTOS, 1978). Desta forma, as transformações nas relações urbano-rural têm outro significado e produzem diferentes padrões de ocupação na região.

(MONTE-MÓR, 2004) propõem o conceito de urbanização extensiva que se adere bem à realidade amazônica que mesmo em suas áreas que seriam tradicionalmente classificadas como rurais identificam-se modos de vida urbanos. O conceito de urbanização extensiva elaborado pelo autor baseia-se na visão de Henri Lefèbvre de que o capitalismo industrial subordinou o campo à cidade política e economicamente reduzindo a capacidade produtiva da cidade. Nesse estágio a cidade dá origem a uma terceira dimensão, o tecido

urbano que é uma síntese do campo e da cidade penetrados pelo industrial. Assim Monte-mór chama de urbano esse tecido urbano-industrial que “se estende para além das cidades sobre o campo e as regiões, integrando os espaços em um processo que tenho caracterizado como de urbanização extensiva”. No processo descrito por Monte-mór se estabelece uma sociedade virtualmente integrada e a extensão do modo de vida urbano a todo o espaço social.

Nessa perspectiva, Monte-mór sugere a utilização da dimensão local para substituir a contraposição cidade – campo em sua conceituação de urbanização extensiva. O local é marcado pelas relações do cotidiano e pela materialização do conjunto de forças e processos sociais que agem em um lugar específico. Ele especifica que o local pode se manifestar em escalas diferentes se articulando com outros locais de dimensões e localizações variadas. A auto-suficiência do local em termos de relações de complementaridade urbana-rural é outra característica do local que deve atingir certa escala de produção e consumo dependendo do produto ou processo econômico- social em questão.

A adoção do conceito de urbanização extensiva de Monte-mór, e sua proposição do local como foco de análise ao invés do urbano ou rural, sugere que a escala de análise do espaço urbano a ser considerada é a escala conceitual de rede urbana. Tradicionalmente a rede urbana é definida como um conjunto articulado de cidades. Entretanto (CORRÊA, 1994) flexibiliza sua conceituação admitindo espaços de diferentes naturezas em uma rede urbana.

Para propósitos deste trabalho será denominado de espaço urbano o conjunto articulado de locais (segundo definição de Monte-Mór) que possuem diferentes níveis de intensidades de funções urbanas.

Além das transformações nas relações urbano-rural a atual fase do capitalismo informacional também traz mudanças no relacionamento entre os espaços

urbanos que se conectam em redes em diferentes escalas. Surge a figura da cidade global e intensifica-se a importância das redes de comunicação.

(CASTELLS, 1999) atribui três características a atual fase do capitalismo informacional, global e em organizado em rede.

“Informacional porque a competitividade e produtividade de unidades ou agentes (empresas, regiões ou nações) dependem de sua capacidade de gerar, processar, e aplicar informações na forma eficiente a informação baseada em conhecimento de conhecimento. É global porque as principais atividades produtivas, o consumo e a circulação, assim como seus componentes (...) estão organizados em escala global diretamente ou mediante a uma rede de conexões entre os agentes econômicos. É rede porque, nas novas condições históricas, a produtividade é gerada, e a concorrência é feita em uma rede global de interação entre redes empresariais”
(CASTELLS, 1999)

Esta nova fase do sistema capitalista faz emergir uma nova forma espacial, o espaço dos fluxos (CASTELLS, 1999), um espaço não contíguo que articula lugares com diferentes hierarquias no sistema global de produção, consumo e circulação.

Neste contexto de espaço de fluxos e de uma sociedade organizada em rede o conceito de cidade global ganha bastante importância. A cidade global ou cidade mundial (aparecem os dois termos na literatura a respeito, referindo-se a mesma categoria) consiste em algumas aglomerações urbanas que são os principais centros de tomada de decisão mundial, pois concentram sedes de empresas multinacionais, instituições financeiras, mão-de-obra altamente qualificada, serviços especializados e infra-estrutura de comunicação e transporte para que esta se mantenha conectada aos demais centros de gestão e aos centros de produção e consumo. São exemplos de cidades globais: Londres, Nova York e Tóquio.

Enquanto diversos autores definem a cidade global enquanto uma entidade concreta (CASTELLS, 1999) as define como um processo caracterizado pelo

predomínio do espaço de fluxos que inclui em sua formação cidades com diferentes formas espaciais, funções e hierarquias no sistema urbano global.

Neste quadro, de espaço de fluxos e das cidades globais, as redes técnicas (redes de transporte e comunicação) e as sociais (são representações em rede sobre um conjunto de indivíduos que são conectados por relações de interdependência e que muitas vezes partilham interesses comuns) ganham um papel importante na ocupação do território por meio de processos de territorialização (re)territorialização¹ no mundo atual. Estas redes geram assim muitas vezes territórios combinações de territórios zonais com os territórios-rede onde é possível diferentes possibilidades de prevalência de um tipo de território sobre o outro. Os primeiros são territórios com contigüidade espacial nos quais dominam territorialidades tradicionais de delimitação de fronteiras e defesa de sua área². Já os territórios-rede são territórios que articulam diferentes pontos no espaço sobre uma mesma lógica de territorialidade nos quais o controle do fluxo da rede é peça-chave do controle sobre suas áreas (HAESBAERT, 2007).

Segundo o mesmo autor muito trabalhos associam a idéia de novidade aos territórios-rede quando que para ele este tipo de configuração espacial sempre

¹ O território é entendido como “*apropriação (num sentido mais simbólico) e domínio (num enfoque mais concreto, político-econômico) de um espaço socialmente partilhado (e não simplesmente construído, como o caso de uma cidade-fantasma)*”(HAESBAERT e LIMONAD, 2007). A territorialização é definida como o um processo de dominação e de apropriação do espaço (HAESBAERT, 2007), em outras, palavras é o processo de se criar territórios. Já a (re) territorialização diz respeito a processos de transformação do território, redefinição de suas fronteiras, mudança de sua função ou substituição dos atores dominam ou apropriam aqueles territórios. A territorialidade é a maneira com a qual um grupo se apropria ou domina um território, assim, por exemplo, quando um grupo de Sem-terra ocupa uma propriedade improdutiva e imediatamente ela inicia o cultivo de algumas culturas ele está exercendo sua territorialidade.

² Aqui cabe um paralelo ao conceito de lugares de (CASTELLS, 1999) que os define como os locais de vivência cotidiana, onde o cidadão exerce suas atividades, como por exemplo, os bairros de uma cidade.

existiu, o que ocorre atualmente é que este tipo de território passou a dominar. Entretanto para (HAESBAERT, 2007) o que há de mais novo nos territórios-rede não é a sua prevalência sobre os territórios zonais e nem a velocidade e a intensidade como se expandiram. Para o autor a principal inovação é de caráter qualitativo, pois as redes dominantes hoje em dia se comunicam em alta velocidade, articuladas globalmente, muitas vezes sem a utilização, ou pouca utilização de componentes materiais das redes (como cabos e linhas de transmissão).

“Assim com uma maior carga imaterial, ou, mais propriamente, combinado de forma muito mais complexão material e o imaterial, as redes contemporâneas, enquanto componentes dos processos de territorialização, configuram territórios descontínuos, fragmentados, superpostos bastantes distintos da territorialização na chamada modernidade clássica”. (HAESBAERT, 2007)

O papel das redes nos processos atuais de territorialização também se expressa na expansão da ocupação da região amazônica. (BECKER, 2001) salienta que o governo federal durante as décadas de 60, 70, e 80 adotou um modelo de ocupação baseado na visão externa e nas relações com a metrópole e o mercado internacional. Para que este modelo se efetivasse foi necessária a implantação de redes de circulação e de telecomunicação, por onde passaram a se mobilizar os novos fluxos de mão-de-obra, capital e informação. A rede de rodovias foi a que teve maior destaque neste processo, pois ao longo desta desenvolveram-se vários núcleos de povoamento, muitos dos quais deram origem a novos espaços urbanos e novos municípios.

A partir da metade da década de 80 até o final da década de 90 com o fim do regime militar e com a crise econômica brasileira o governo federal teve um papel bem reduzido na expansão do povoamento na região. Neste período os governos estaduais, os governos municipais (que ganharam novas atribuições e poderes com a constituição de 1988) e empresas que atuavam na região tiveram papel preponderante. Estes atores também aproveitaram a rede de

infra-estrutura implantada pelo governo federal para seus projetos, mas também a expandiram principalmente pela abertura de estradas estaduais e pela criação ilegal de estradas para exploração de madeira e garimpo (BROWDER e GODFREY, 1997). Assim, neste período a expansão do povoamento e das atividades econômicas se caracterizou por uma ausência do governo federal e maior atuação dos governos e atores locais. Esta dinâmica resultou em altas taxas de desmatamento e o surgimento de um maior número de municípios e núcleos urbanos, concentrados, da mesma forma nas bordas de rodovias e estradas.

A partir do final da década de 90 o governo Federal aumenta novamente sua influência na região por meio do incentivando e instalação de alguns projetos de desenvolvimento em áreas já possuidoras de infra-estrutura e principalmente na demarcação de áreas indígenas e criação de unidades de conservação em áreas ainda preservadas, mas vizinhas a regiões de grande pressão de ocupação. Esta iniciativa contribuiu para a diminuição do ritmo de desmatamento na região (BECKER, 2008). A rede de transporte continua com papel importante neste período, mas o fato que chama a atenção é a disseminação de redes de comunicação na região. Em trabalho recente (AMARAL *et al.*, 2006) verificou que as redes de telefonia, energia elétrica (que permite a utilização de aparelhos de TV) e de internet estavam se expandindo na região de São Félix do Xingu, e também constatou a importância da existência destas redes na articulação dos núcleos populacionais locais.

Pode-se concluir que o espaço urbano na amazônica assume formas muito distintas, resultado de um processo de ocupação do território completamente diferente dos grandes centros urbano brasileiros. Esta particularidade do espaço urbano amazônico é explicada por seu longo período de isolamento da economia nacional (até a década de 60) e sua rápida integração a mesma pelo governo federal com estratégias espacialmente diferenciadas. Neste sentido, as recentes transformações no modelo capitalista (transição do capitalismo financeiro para o informacional) como a estreita inter-relação entre espaços

urbanos e rurais e a influência das redes na formação e transformação do território se refletem de maneira diferente na região.

Neste contexto o presente trabalho tem o objetivo de investigar como as redes técnicas e sociais podem contribuir para a formação e diferenciação do espaço urbano na Amazônia com base nas seguintes premissas:

1. que o objetivo do trabalho só pode ser alcançado a partir de uma análise multitemporal das redes que compõem o espaço urbano amazônico;
2. o conceito de urbano utilizado deve integrar as diversidades de formas de ocupação na região e agregar ao seu escopo localidades com baixo grau de especialização urbana que em outros contextos fora do amazônico seriam classificadas como áreas rurais;
3. que deve-se modelar o espaço urbano como um território-rede formado por territórios zonais, que são pontos importantes de conexão entre as redes técnicas e sociais;

Frente a estas premissas há duas hipóteses de trabalho. A primeira é que as mudanças ocorridas na estrutura das redes são ao mesmo tempo reflexo e refletem em mudanças no espaço urbano, portanto é possível identificar os padrões de mudança das redes e relacioná-los com a formação e transformação do espaço urbano.

A segunda hipótese é que métricas baseada na teoria de redes podem fornecer ferramentas adequadas para se detectar os padrões de mudanças nas redes. Esta hipótese é baseada em trabalhos científicos que utilizam métricas de redes para a caracterização da dinâmica de cidades globais (TAYLOR *et al.*, 2002b), (SMITH e TIMBERLAKE, 1995), (TAYLOR *et al.*, 2002a)

A área de estudo selecionada para o trabalho é a Terra do Meio, uma região no Sul do estado do Pará. Esta região está inserida na frente de expansão do Sudeste do Pará que parte de São Félix do Xingu, em direção ao Rio Iriri. Esta frente junto às frentes que partem do extremo norte do Mato Grosso pela rodovia Cuiabá-Santarém e a frente que parte do Norte de Mato grosso e

Rondônia em direção ao Sul do Estado do Amazonas, são as regiões mais dinâmicas da Amazônia, e, portanto, estão vivenciando os processos mais intensos de transformação do território (BECKER, 2005).

Além de sua relevância para o contexto amazônico a região da Terra do Meio foi escolhida com base em dois critérios: a possibilidade de dialogar com outros pesquisadores da Divisão de Processamento de Imagens que trabalham nesta região, e a disponibilidade de dados provenientes de pesquisas anteriores.

1.1. Objetivos específicos

A partir do objetivo geral do trabalho de investigar como as redes técnicas e sociais podem contribuir para a formação e diferenciação do espaço urbano na Amazônia, desdobram-se os seguintes objetivos específicos:

- Mapear de forma multi-temporal as redes constituintes do espaço urbano da Terra do Meio;
- Definir um conjunto de métricas de redes que caracterizem a formação e transformação do espaço urbano, integrando métricas topológicas, análise de fluxos e características espaciais das redes;
- Definir um modelo de formação e transformação do espaço urbano para áreas de fronteira expansão, baseada na teoria das redes.

1.2. Organização do documento

No capítulo anterior contextualizaram-se os objetivos da pesquisa e foram discutidos os conceitos fundamentais a execução do trabalho. No capítulo 2 serão apresentados os conceitos básicos em teoria de redes. O Capítulo 3 destina-se a exibição da proposta metodológica a ser adotada, um cronograma de trabalho e os resultados esperados.

Formatados: Marcadores e numeração

2 CONCEITOS E MEDIDAS DE REDES

No capítulo anterior foi demonstrado o quanto a análise das redes técnicas e sociais podem ajudar a compreender o espaço urbano amazônico. No capítulo atual é fornecida uma revisão dos principais conceitos e medidas da teoria de redes que podem ser utilizados nestas análises. Começando pelo conceito de rede que é definida por um conjunto de itens, vértices ou nós, que se conectam entre si por meio de linhas, os arcos (NEWMAN, 2003b).

Formatado: Português

O estudo de redes é bastante antigo e tem muita tradição na matemática e na sociologia. Na matemática é estudada na teoria dos grafos. A solução de Euler para o problema da ponte de Königsberg em 1758 é considerada a primeira prova na teoria das redes. Durante o século XX a teoria dos grafos foi bastante desenvolvida.

Na sociologia o estudo de redes sociais é bastante tradicional também. São modelados os relacionamentos de um determinado grupo, por exemplo, estudantes de uma escola de 2º de grau, e são analisados os padrões de comportamento dos indivíduos. Estas análises se dão por meio de métricas topológicas das redes que dentre outras coisas indicam a centralidade de um indivíduo na rede, e a existência de comunidades dentro da rede (ficando no mesmo exemplo, um grau de relacionamento mais forte entre meninas que fazem curso de inglês, indicando um exemplo de comunidade).

Além da matemática e da sociologia outras ciências também se dedicam ao estudo das redes. A biologia (redes de moléculas), a ecologia (redes de cadeias alimentares), a geografia (redes de transporte, redes de cidades e redes hidrográficas), ciência da computação (web – documentos *linkados* – e a internet – estrutura física) entre outras aplicações que vem surgindo com frequência.

O maior movimento hoje em pesquisa de redes se dá no estudo de propriedades estatísticas e modelos de desenvolvimento de redes de larga escala. Isso ocorreu devido à disponibilidade de computadores e de redes de comunicação que permitem a coleta e análise de dados em grande escala. Em redes sociais com um pequeno número de vértices e conexões era fácil desenhar sua estrutura e realizar tarefas como identificar qual indivíduo era mais conectado à rede ou, por exemplo, determinar que vértice era crucial para manter a conectividade da rede caso fosse removido. Para realizar tarefas deste tipo em redes muito extensas, como a web, por exemplo, foi necessário desenvolver novas medidas estatísticas que fossem aderentes a redes maiores, com centenas, milhares ou até mesmo milhões de nós. A criação destas medidas aumentou sobremaneira o ferramental de análise das redes como será possível ver nos itens a seguir, mas antes serão apresentados conceitos fundamentais ao entendimento das mesmas e alguns tipos de rede.

2.1 Conceitos fundamentais

Vértice → a unidade fundamental da rede, também denominada como, *nodo*, *site* (na Física) *nó* (na Ciência da Computação) ou *ator* (Sociologia).

Aresta ou Arco → É a linha que conecta dois vértices. Também conhecida como *bond* (na Física, significa ligação entre átomos), *link* (Ciência da Computação) e *tie* (na Sociologia, significa laço, vínculo).

Vértices Adjacentes → São vértices que são ligados por um arco.

Número de Vizinhos de um Vértice → São todos os vértices adjacentes ao vértice em questão. Em uma rede não orientada o número de vizinhos de um vértice é a sua valência.

Arco Orientado/Não-Orientado → Um arco é considerado orientado quando ele possui apenas um sentido, como por exemplo, uma rua de mão única. E ele é não orientado quando possui dois sentidos de conexão. O sentido das conexões é representado por setas.

Formatados: Marcadores e numeração

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Grau ou Valência → O número de arcos conectados a um vértice. O grau não é igual ao número de vértices adjacentes a um vértice, pois é possível que exista mais de um arco conectando dois vértices. Em um gráfico orientado há o grau de entrada (número de arestas que chegam a um vértice) e grau de saída (número de arcos que saem de um vértice). Em análise de redes sociais também é conhecido com grau de centralidade.

Formatado: Português

Componente → É o conjunto de vértices que podem ser alcançados por um determinado vértice, passando por arcos que conectam este conjunto. Na rede orientada um vértice tem um componente de entrada e um de saída. Na **Figura 2.1.1** observa-se uma rede com três componentes distintos.

Formatado: Português

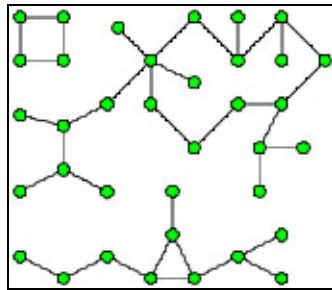


Figura 2.1.1 - Exemplo de uma rede com três componentes.

Componente Gigante → É o maior componente de rede (em número de arcos).

Formatado: Português

Formatado: Português

Caminho (Path) → É uma rota entre dois vértices da rede sem a repetição de vértices, com exceção do vértice inicial e final.

Formatado: Português

Trilha (Trail) → É uma rota entre dois vértices da rede sem a repetição de arcos, com exceção do vértice inicial e final.

Formatado: Português

Itinerário (Walk) → É uma rota entre dois vértices da rede sem restrições.

Formatado: Português

Distância Geodésica ou Caminho mais Curto → é o caminho mais curto pela rede que liga um vértice a outro (medido em número de arcos). É possível que

Formatado: Português

um mesmo par de vértices tenha mais de um caminho mais curto, como na **Figura 2.1.2**. há mais de um caminho mais curto para cada uma das três redes (nas cores vermelha, verde e azul).

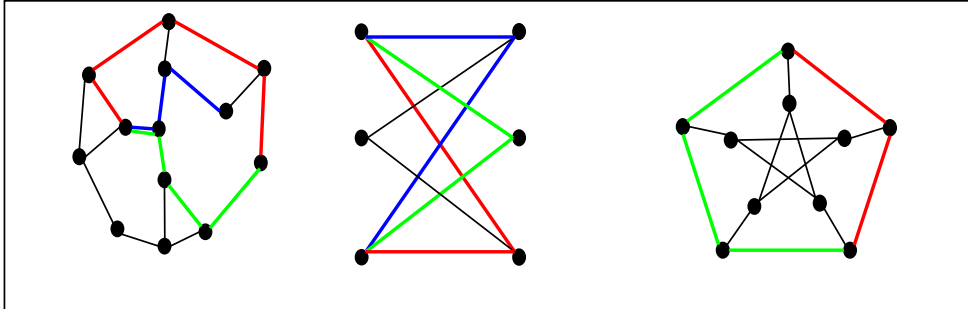


Figura 2.1.2 - Exemplo de redes com mais de uma distância geodésica entre um par de vértices.

Matriz de Vizinhança → É uma matriz que representa as relações de vizinhança entre os vértices da rede. Quando um vértice se liga a outro, a célula da matriz recebe valor 1, e quando não há ligação recebe o valor zero (**Figura 2.1.3a**).

Matriz Geodésica → É uma matriz que reúne o caminho geodésico de todos os pares de nós da rede (**Figura 2.1.3b**).

Matriz de Proximidade → É a matriz com a distância euclidiana entre todos os pares de vértices da rede.

Diâmetro da Rede → É o comprimento (novamente em número de arcos) do caminho geodésico mais comprido da rede.

Tamanho da Rede → É o número total de vértices.

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

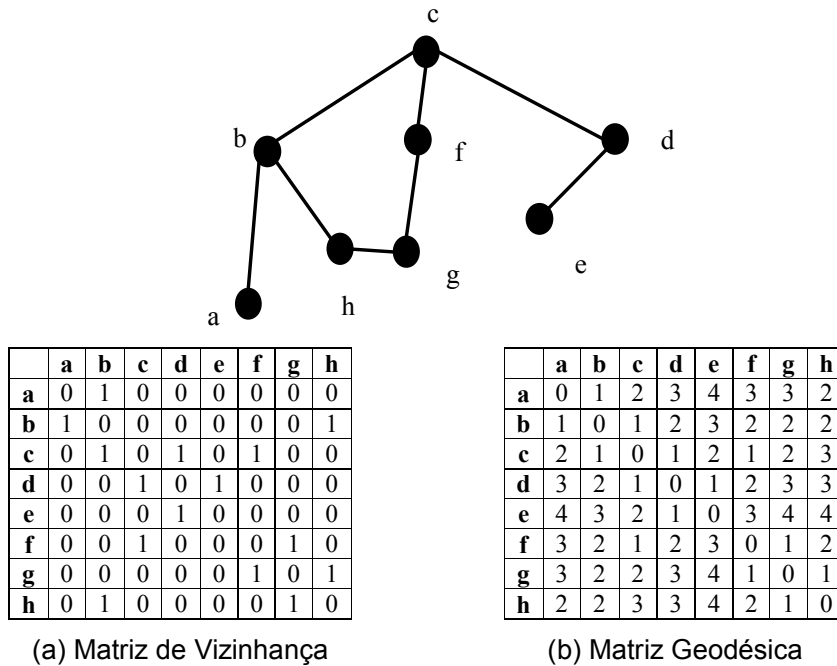


Figura 2.1.3 – Rede hipotética e suas respectivas matrizes de vizinhança e geodésica.

Formatado: Português

2.2 Tipos de redes

Formatados: Marcadores e numeração

Há redes de diferentes tipos, segundo a combinação variada de tipos de vértices e arcos e restrições de relacionamento. Uma rede que representa uma determinada cadeia alimentar pode ser representada, por exemplo, por dois conjuntos de vértices: os predadores e as presas. Os arcos também podem representar propriedades distintas, como intensidade do fluxo, direção ou tipo de relacionamento (Figura 2.2.1). Entre as combinações possíveis de características de nós, arcos e relacionamentos podem-se destacar os seguintes tipos de rede:

Formatado: Português

- **Rede orientada ou dirigida** (também conhecida como um grafo do tipo digrafo) → Onde os fluxos seguem um sentido específico, o exemplo da

cadeia alimentar é uma boa representante deste tipo. A rede orientada pode ser de dois tipos, cíclica e acíclica, o primeiro se dá quando as interações entre os vértices ocorrem em loops, e o segundo quando não há este tipo de interação.

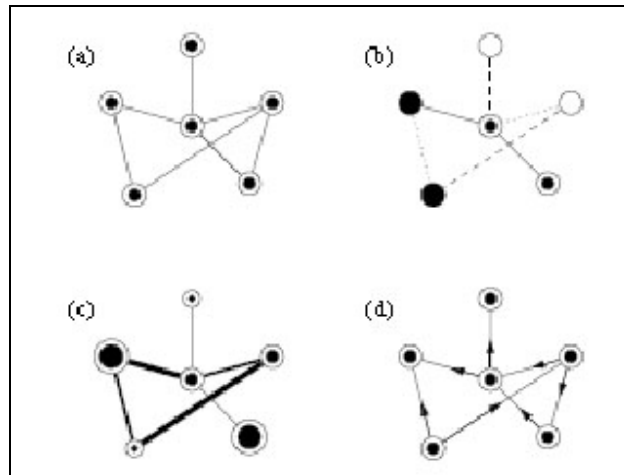


Figura 2.2.1 - Exemplo de vários tipos de rede: (a) rede não orientada com apenas um tipo de vértice e um tipo de arco; (b) rede com diferentes tipos de vértices e arcos; (c) rede com diferentes tipos de vértices e com arcos com fluxos de intensidade diferenciada; (d) rede orientada na qual cada arco tem um só sentido.

- **Redes bipartidas** → Redes em que só se estabelecem conexões entre nós de tipos diferentes (**Figura 2.2.2**).
- **Redes planares** → São redes nas quais os arcos não se cruzam. Um bom exemplo são as redes de transporte rodoviário.

2.3 Medidas em redes

Nesta seção são apresentadas as principais medidas das redes com ênfase nas medidas baseadas na topologia das redes. Esta escolha foi baseada em dois fatores: (a) são as métricas mais aplicadas nos estudos recentes que

Formatados: Marcadores e numeração

Formatado: Português

aplicam teoria; (b) são básicas ao entendimento de métricas mais complexas que integram fluxos e atributos espaciais.

•

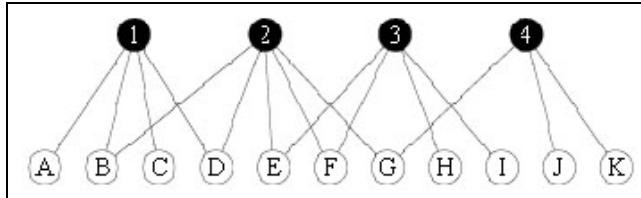


Figura 2.2.2 - Exemplo de rede bipartida. Observa-se que só há arcos ligando vértices de tipo numérico há vértices alfabéticos, não existindo conexão entre o vértices do mesmo grupo.

Fonte: NEWMAN e PARK (2003)

2.3.1 Densidade da rede

É a razão entre o número de arcos existentes e o número total de arcos possíveis. Esta medida fornece uma noção de quanto uma rede está próxima ao ponto de ser totalmente conectada. Para redes não orientadas é definida por:

$$d = \frac{a}{n(n-1)}, \quad (2.3.1.1)$$

Onde, a é o número total de arcos na rede e n o número total de vértices.

Para redes orientadas é definida pela seguinte expressão:

$$d = \frac{a}{\frac{n(n-1)}{2}}, \quad (2.3.1.2)$$

Formatados: Marcadores e numeração

Formatado: Português

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Código de campo alterado

2.3.2 Medidas de centralidade

As medidas de centralidade são utilizadas geralmente na análise de redes sociais para identificar o quanto um ator da rede é importante (central) para a comunicação da mesma. As principais medidas de centralidade são: o grau de centralidade, o grau de proximidade (*closeness*) e o grau de intermediação (*betweenness*). O grau de centralidade é o grau ou valência do vértice, o número de arcos conectados a ele. Há uma versão normalizada desta medida na qual a valência do vértice é dividida pelo número de nós da rede menos uma unidade. Esta medida indica o potencial de comunicação de um ator. Assim, quanto mais arcos se conectam a um vértice, maior o seu poder de difundir uma informação.

O grau de proximidade é a soma das distâncias geodésicas de um vértice i aos outros vértices da rede. Quando esta distância é pequena, indica que o vértice em questão necessita de distâncias curtas para se conectar com os demais elementos da rede. Assim, esta medida indica o potencial de um vértice se comunicar mais rapidamente com os outros. Como um vértice que possui uma proximidade maior aos demais é associado a um valor numérico maior, a definição matemática desta medida é dada pelo inverso da soma das distâncias geodésicas.

$$c_p = \frac{1}{\sum_j d_{ij}}, \quad (2.3.1.3)$$

Onde d_{ij} é a distância geodésica do vértice i ao vértice j .

Há também uma versão normalizada desta medida expressa por:

$$c_p = \frac{n-1}{\sum_j d_{ij}}, \quad (2.2.1.4)$$

O grau de intermediação de um vértice i mede o quanto este vértice se encontra “no meio do caminho” dos outros vértices da rede. É a razão entre o

Formatados: Marcadores e numeração

Formatado: Português

Formatado: Português

Código de campo alterado

Código de campo alterado

Formatado: Português

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

número de distâncias geodésicas entre dois vértices, a e b , que passam por i e o total de distâncias entre a e b . O grau de intermediação indica o poder de controle do vértice i sobre a informação. É expresso por:

$$c_i = \frac{\sum d_{ab(i)}}{d_{ab}}, \quad (2.3.1.5)$$

Onde d_{ab} é o número de distâncias geodésicas entre os vértices a e b e $d_{ab(i)}$ são as distâncias que incluem o vértice i .

Há uma versão normalizada para este vértice dada por:

$$c_i = \frac{\sum d_{ab(i)}}{(n-2)(n-1)}, \quad (2.3.1.6)$$

2.3.3 Distância geodésica média

É a média das distâncias geodésicas da rede. Esta estatística nos fornece uma análise sobre quão conectado são os vértices da rede, quanto mais próximo de 1 for esta medida maior, é a probabilidade de todos os vértices estarem conectados.

Considerando uma rede não orientada, a distancia geodésica média entre dois pares de vértices na rede é dada por:

$$\ell = \frac{1}{\frac{1}{2}n(n+1)} \sum_{i \geq j} d_{ij}, \quad (2.3.3.1)$$

Onde, n é o número de nós da rede, d_{ij} é a distância geodésica entre os vértices i e j . O denominador da equação é o maior número possível de arestas. Assim ℓ é nada mais do que a soma de todas as distâncias geodésicas dividida pelo número de arestas, uma média aritmética.

- Formatado: Português
- Código de campo alterado
- Formatado: Português
- Formatado: Português
- Código de campo alterado
- Código de campo alterado
- Formatado: Português
- Código de campo alterado
- Código de campo alterado
- Formatado: Português
- Código de campo alterado
- Código de campo alterado
- Formatado: Português
- Código de campo alterado
- Formatado: Português
- Código de campo alterado
- Formatado: Português
- Código de campo alterado
- Formatado: Português
- Código de campo alterado
- Formatado: Português
- Código de campo alterado
- Formatados: Marcadores e numeração
- Formatado: Português

A definição de ℓ (7.0) não é adequada para redes com mais de um componente com a rede da **Figura 2.3.3.1**. Neste tipo de rede há par de vértices em componentes diferentes, assim estes vértices não possuem distância geodésica. Neste caso, convencionou-se que a distância geodésica entre estes pares de vértices seria infinita. Entretanto, isto resulta em ℓ infinito também, impossibilitando seu cálculo. Há duas soluções para este problema. A primeira exclui do cálculo pares de vértices localizados em componentes diferentes. A segunda define ℓ como a “média harmônica” da distância geodésica:

$$\ell^{-1} = \frac{1}{\frac{1}{2}n(n+1)} \sum_{i \geq j} d_{ij}^{-1}, \quad (2.3.3.2)$$

Usando esta definição, os valores infinitos de d_{ij} não contribuirão em nada para a soma. Segundo NEWMAN (2003b), esta definição é pouco utilizada nos trabalhos que realizam esta medida, no entanto, ela deveria ser mais utilizada, pois evita o trabalho de exclusão de pares de vértices em componentes diferentes.

2.3.4 Transitividade ou coeficiente de *clustering*

O coeficiente de *clustering* é a propensão de dois vértices que possuem um vizinho em comum estarem conectados um ao outro. (NEWMAN e PARK, 2003). Assim se um vértice A está conectado a um vértice B e este último está conectado a um vértice C, há grandes chances de A e C estarem conectados um ao outro. Como diz NEWMAN (2003b), em termo de redes sociais: “um amigo do seu amigo, provavelmente é seu amigo também”. Topologicamente

Formatado: Corpo de texto

Formatado: Português

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatados: Marcadores e numeração

Formatado: Português

Formatado: Português

Excluído: (NEWMAN e PARK, 2003)

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

esta medida é traduzida como o alto número de triângulos na rede, ou seja, conjunto de três vértices que são conectados entre si. A expressão pode ser definida por:

$$C = \frac{3 \times \text{número de triângulos}}{\text{número de triplas conectadas}}, \quad (2.3.4.1)$$

Uma tripla conectada é um vértice conectado a outros dois vértices sem a formação de um triângulo (**Figura 2.3.4.1**). O numerador da expressão é multiplicado por três porque cada triângulo contribui três vezes para a formação de uma tripla. Desta forma, também é garantido que os valores de C estejam no intervalo entre 0 e 1.

WATTS *et al.* (1998) propuseram o cálculo de um coeficiente local, que é a razão entre o número de triângulos e de triplas de cada vértice i . Este coeficiente local é bastante utilizado na literatura de sociologia onde é conhecido como “densidade da rede”. A expressão é definida por:

$$C_i = \frac{\text{número de triângulos}_i}{\text{número de triplas conectadas}_i}, \quad (2.3.4.2)$$

O cálculo do coeficiente de *clustering* para toda a rede é a média de todos os coeficientes. Para os vértices de graus 1 ou 0 que possuem numeradores e denominados iguais a 0 foi definido que $C_i = 0$. A expressão para o coeficiente C para toda a rede é definida por:

$$C = \frac{1}{n} \sum_i C_i, \quad (2.3.4.3)$$

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Como da equação (3.0) para a (6.0) houve uma inversão de operações, enquanto na primeira houve uma razão entre médias e na segunda uma média de razões, há diferenças significativas entre os valores do coeficiente calculados por cada uma das equações (NEWMAN, 2003b). A equação (11.0) tende a dar maior peso a vértices de baixo grau, pois o denominador do C_i é pequeno. Um exemplo da diferença entre as duas maneiras de se calcular o índice pode ser observada na **Figura 2.3.4.1**. A rede tem apenas um triângulo e oito triplas conectadas, portanto utilizando a equação (9.0) temos um coeficiente de $3 \times 1/8 = 0,375$. Utilizando a média do coeficiente local temos primeiramente que o C_i para cada vértice possui os valores de 1, 1, 1/6, 0 e 0, assim o coeficiente médio será $13 / 30 = 0,433$.

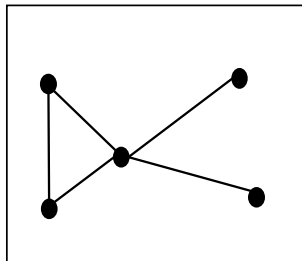


Figura 2.3.4.1 – Exemplificação do cálculo do coeficiente de *clustering* para diferentes definições.

2.3.5 Distribuição do grau da rede

Definindo k como o grau de um determinado vértice (assim, por exemplo, um vértice ligado a três arcos tem $k = 3$) e P_k a proporção de vértices com grau igual a k , temos que P_k é equivalente a probabilidade que um vértice da rede sorteado aleatoriamente tenha grau igual a k . A distribuição do grau da rede é obtida a partir da confecção de um histograma dos valores de k segundo P_k .

A análise destes histogramas revela importantes características da estrutura da rede, como por exemplo, a existência de “hubs” que são poucos vértices da

Formatado: Português
 Formatado: Português
 Formatado: Português
 Código de campo alterado

Código de campo alterado
 Formatado: Português

Formatado: Português
 Formatos: Marcadores e numeração
 Formatado: Português
 Código de campo alterado
 Formatado: Português
 Código de campo alterado
 Formatado: Português
 Código de campo alterado
 Formatado: Português
 Código de campo alterado
 Formatado: Português
 Código de campo alterado
 Formatado: Português
 Código de campo alterado
 Formatado: Português
 Código de campo alterado
 Formatado: Português

rede conectados a um grande número de arcos. Estas feições são encontradas em redes de aviação, por exemplo (**Figura 2.3.5.1**). Nestas redes há uma grande concentração de nós no início do histograma (vértices ligados a poucos arcos) e pouquíssimas ocorrências em sua calda (vértices ligados a um grande número de arcos) seguindo uma distribuição do tipo *Power Law*.

Uma *Power Law* é uma função matemática que descreve fenômenos que aumentam em escala, enquanto sua frequência diminui. Esta função possui a seguinte fórmula geral:

$$f(x) = ax^{-\lambda}, \quad (2.3.5.1)$$

Onde, x é a variável independente e os parâmetros a e λ são constantes.

Esta função possui a propriedade de invariância da escala, ou seja, a função permanece inalterada mesmo com a adição de um fator multiplicativo em sua variável independente. Esta característica é que tornou as redes com distribuição do tipo *Power Law* conhecidas como “*scale-free networks*”³ (NEWMAN, 2003b).

Outro exemplo de relacionamento entre estrutura da rede e distribuição dos graus é o caso da distribuição das redes de ruas de uma cidade (os vértices são os cruzamentos enquanto os arcos são as ruas), que é uma rede planar na qual os vértices geralmente têm graus de entrada e saída baixos, já que

³ O recente interesse nas redes do tipo *scale-free* iniciou-se em 1999 com o trabalho de Albert-László Barabási e seus colegas da Universidade de Notre Dame, que juntos mapearam a topologia da web. Eles descobriram que esta rede tinha uma distribuição do tipo *Power Law* (BARABÁSI e ALBERT, 1999). Após mapearem outras redes, incluindo algumas redes sociais e biológicas, eles verificaram que estas também tinham distribuição *Power Law* e este grupo de pesquisadores cunhou o termo “*scale-free network*” para descrever redes com este tipo de distribuição.

Formatado: Português

Código de campo alterado

Código de campo alterado

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Excluído: (BARABÁSI e ALBERT, 1999)

raramente possuem cruzamentos com mais de quatro ruas. Assim, provavelmente a média de k será quatro. Os histogramas das distribuições dos graus de entrada e saída provavelmente seguirão uma distribuição de *Poisson* (BATTY, 2003), ou seja, que possui forma próxima a uma curva normal, revelando que a grande maioria dos nós possuem o mesmo número de arcos e que nós com altos graus não existem. As redes rodoviárias nacionais também possuem este tipo de distribuição (Figura 2.3.5.1), que é próprio de grafos randômicos⁴. Na Figura 2.3.5.1 observa-se a diferença entre a topologia e a distribuição de graus entre os dois tipos de rede comentados, onde (BARABÁSI, 2007) compara a rede rodoviária americana com a rede de tráfego aéreo.

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

⁴ Grafos randômicos são modelos de crescimento de redes, tradicionalmente utilizados para modelar redes complexas. São modelados a partir de um número fixo de nós e arcos que são aleatoriamente conectados gerando vários gráficos diferentes. Ao final de todas as simulações são obtidos $C_{[N(n-1)/2]}^n$ grafos com N nós e n arcos, formando um espaço de probabilidade na qual todas as realizações são equiprováveis (ALBERT e BARABÁSI, 2002).

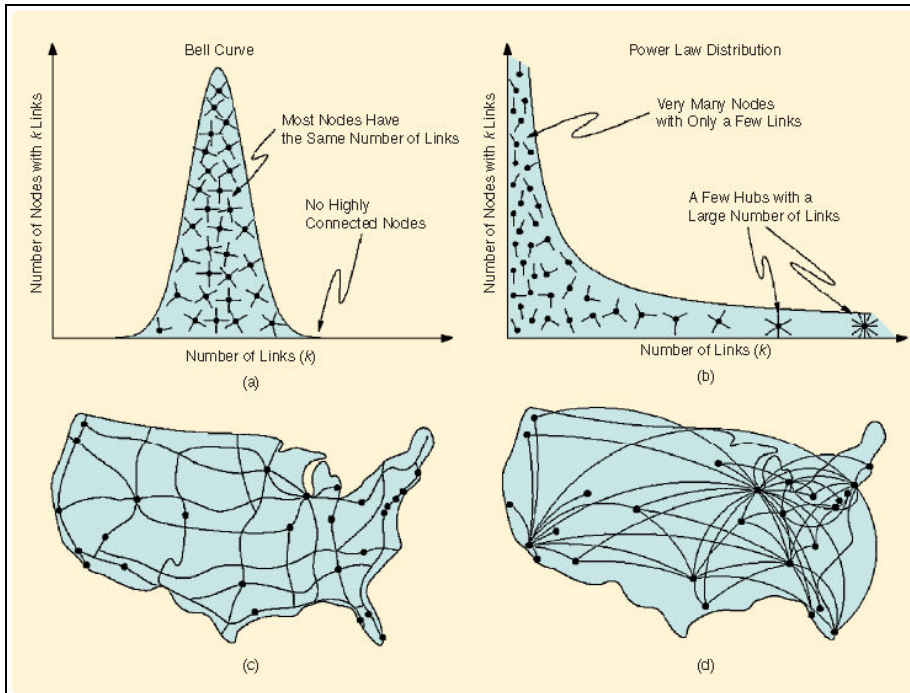


Figura 2.3.5.1 – Rede rodoviária (c) e de Tráfego aéreo (d) dos Estados Unidos e suas respectivas distribuição de grau.

Fonte: BARABÁSI (2007)

2.3.6 Resiliência da rede

A resiliência refere-se à capacidade da rede de manter um bom nível de conexão após a eliminação de alguns de seus vértices. Este “nível de conexão” é analisado geralmente em relação à distância geodésica média (ℓ). Assim, são plotados os valores do número de remoção de nós contra a distância geodésica média. Esta que tende a aumentar após a remoção de alguns nós. Com a remoção progressiva criam-se componentes isolados, e ao final do processo, todos os arcos são eliminados gerando uma rede sem conexão (2.3.6.1).

Formatados: Marcadores e numeração

Formatado: Português

Formatado: Português

Código de campo alterado

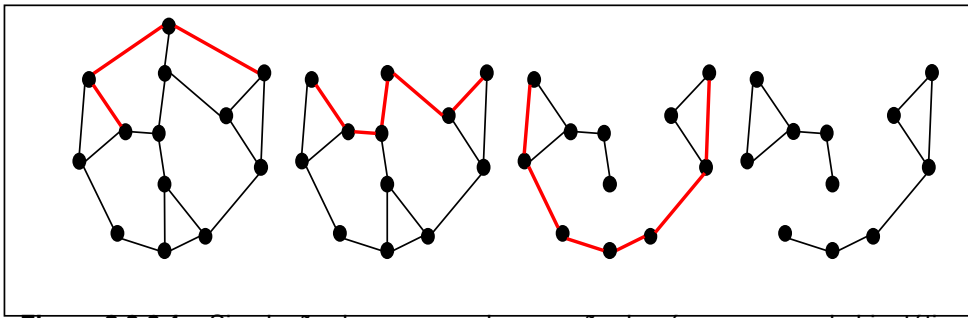


Figura 2.3.6.1 – Simulação do processo de remoção de nós em uma rede hipotética, mostrando a relação entre a remoção de nós e o aumento entre a distância geodésica

(ℓ) entre um par de nós.

Segundo NEWMAN (2003b), esta propriedade é importante em várias áreas de aplicação. Em epidemiologia, por exemplo, a vacinação de um indivíduo contra uma determinada doença significa, além da imunização do próprio vértice, a sua remoção da rede de contatos. Esta remoção pode ocasionar a destruição de caminhos entre outros indivíduos e assim diminuir o número de pessoas contaminadas.

Outra área de grande aplicação desta propriedade é o estudo da vulnerabilidade de falhas na internet. Segundo NEWMAN (2003b), uma série de trabalhos se ocupou desta temática. Nestes trabalhos concluiu-se que a resiliência da rede era dependente dos seguintes fatores: tamanho da rede, tipo de distribuição de probabilidade do grau dos vértices da rede, e método de remoção das redes. Em redes muito pequenas a remoção de poucos nós afeta fortemente a resiliência da rede, como pode ser visto na **Figura 2.3.6.2**. Em redes de maior escala o impacto da remoção é mais influenciado pelos outros dois fatores. Em grafos randômicos, que possuem a distribuição de probabilidade de *Poisson*, a remoção aleatória de vértices, pode ter efeitos graves, pois neste tipo de rede a grande maioria dos vértices tem o mesmo grau, assim há grande probabilidade de se eliminar pontos estratégicos na

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

rede, e assim aumentar significativamente o ℓ e conseqüentemente gerar componentes isolados. Já nas redes do tipo *scale-free* o método de remoção aleatório tem pouquíssimas chances de afetar seriamente a rede, pois a grande maioria dos nós possui um grau baixo, assim a probabilidade de aumento do ℓ é muito pequena. Entretanto, se a remoção de nós for realizada de maneira seletiva, direcionada para vértices de alto grau, os “hubs”, haverá grande aumento do ℓ .

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Código de campo alterado

Código de campo alterado

Formatado: Português

Conclui-se, assim, que redes com distribuição de *Poisson* (redes randômicas) têm estrutura mais sensível a remoções aleatórias, enquanto redes do tipo *scale-free* são resistentes a este tipo de falha, mas são resiliência a uma remoção (falha em um vértice) direcionada aos nós de maior grau. BARABÁSI e BONABEAU (BARABÁSI e BONABEAU, 2003) compararam o efeito da remoção de nós na rede rodoviária Americana (grafo com distribuição de *Poisson*) e na rede de tráfego aéreo (*scale-free*) e confirmaram esta afirmação (Figura 2.3.6.2). A primeira rede (Figura 2.3.6.2a) foi muito mais afetada pela falha aleatória do que a rede *scale-free* (Figura 2.3.6.2b). Entretanto, esta última rede não foi robusta o suficiente a falha direcionada aos seus “hubs” (Figura 2.3.6.2c).

Formatado: Português

Formatado: Português

2.3.7 Padrões de mistura

Formatados: Marcadores e numeração

Padrões de mistura referem-se a tendência sistemática de um tipo de vértice se conectar a outro tipo de vértice. Quando esta tendência prevalece entre vértices de um mesmo tipo, o padrão de mistura é do tipo “assortative”,

Formatado: Português

homogêneo⁵. Já quando o relacionamento preferencial se dá entre nós de tipos diferentes, o padrão é do tipo “*disassortative*”, heterogêneo⁶. Assim, em uma rede de estudantes de segundo grau analisados por raça e sexo, o relacionamento preferencial entre pessoas da mesma raça é um padrão de mistura homogêneo, pois se dão entre um mesmo tipo de vértices. Caso a maior proporção de conexões neste mesmo exemplo fosse entre negros e brancos o padrão seria heterogêneo.

Formatado: Português

Formatado: Português

Segundo NEWMAN (2003a), um determinado padrão de mistura pode afetar profundamente as propriedades estruturais das redes. O mesmo autor cita o exemplo de pessoas que falam idiomas diferentes e que vivem numa mesma cidade. Caso elas estabeleçam relações preferenciais com indivíduos que falam sua língua, pode ocorrer a divisão da rede em comunidades que falam a mesma língua. Apesar de o exemplo ser de uma rede social, esta propriedade também se expressa em outros tipos de rede.

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Os padrões de mistura podem ser classificados em três grupos, segundo o tipo de classificação dos vértices. O primeiro grupo é o categórico que se dá quando os vértices são classificados por variáveis como sexo, raça, profissão, etc. Escalares quando as propriedades de um ou mais tipos de vértices são variáveis escalares como: idade, renda, população, etc. O terceiro grupo é um caso especial do segundo, quando a propriedade escalar dos vértices se constitui no valor da valência de cada vértice.

Formatado: Português

Formatado: Português

NEWMAN (2003a) definiu equações diferentes para o cálculo do padrão de mistura para cada um dos grupos mencionados.

⁵ Como não há tradução deste tema para o português, e como o termo descreve o relacionamento entre vértices de um mesmo grupo, optou-se pelo termo homogêneo. E para padrões de mistura entre vértices de tipos diferentes optou-se pelo termo heterogêneo.

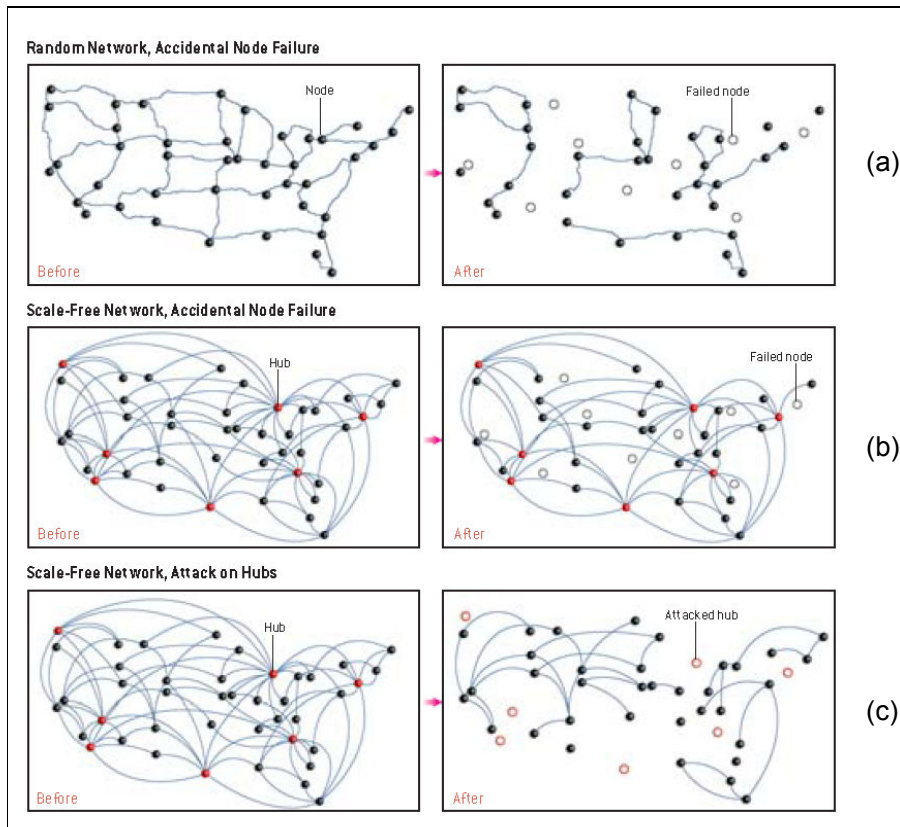


Figura 2.3.6.2 – Simulação de remoção de nós em redes randômicas e do tipo *scale-free*.

Fonte: BARABÁSI e BONABEAU (2003)

2.3.7.1 Padrão de mistura para dados categóricos.

Para dados categóricos o autor definiu que o padrão de mistura e_{ij} é a proporção de arcos na rede que conectam vértices do tipo i ao tipo j . Em uma rede não orientada e_{ij} e e_{ji} são iguais, enquanto que para redes orientadas e bipartidas os padrões de mistura não são simétricos. NEWMAN (2003a) estabelece ainda que o padrão de mistura deve obedecer as seguintes restrições:

- Formatado: Português
- Formatados: Marcadores e numeração
- Formatado: Português
- Código de campo alterado
- Formatado: Português
- Código de campo alterado
- Formatado: Português
- Código de campo alterado
- Formatado: Português
- Código de campo alterado
- Formatado: Português
- Formatado: Português
- Formatado: Português

TABELA 2.3.7.1.1 – Exemplo de rede de relacionamentos heterossexuais entre grupos raciais distintos. Proporção de mulheres segundo grupo racial por proporção de homens segundo grupo racial.

		Mulheres				
		<i>Negra</i>	<i>Hispânica</i>	<i>Branca</i>	<i>Outras</i>	a_i
Homens	<i>Negra</i>	0,258	0,016	0,035	0,013	0,323
	<i>Hispânica</i>	0,012	0,157	0,058	0,019	0,247
	<i>Branca</i>	0,013	0,023	0,306	0,035	0,377
	<i>Outras</i>	0,005	0,007	0,024	0,016	0,053
	b_i	0,289	0,204	0,423	0,084	

Formatado: Português

3.3.7.1 Variáveis Escalares

Para redes com variáveis escalares, o cálculo do padrão de mistura é bem parecido com algumas adaptações.

Formatados: Marcadores e numeração

Formatado: Português

NEWMAN definiu a quantidade e_{xy} como a fração de todos os arcos da rede que juntam vértices com valores x e y para a variável escalar de interesse. Os valores de x e y podem tanto ser discretos como contínuos, mas aqui será apresentada a equação para valores contínuos.

Código de campo alterado

Formatado: Português

Como na definição anterior, primeiro são pré-estabelecidas as condições sob as quais a equação é válida:

$$\sum_{xy} e_{xy} = 1, \quad \sum_y e_{xy} = a_x, \quad \sum_x e_{xy} = b_x, \quad (2.3.7.2.1)$$

Código de campo alterado

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Onde a_x e b_x , são, respectivamente, a fração de arcos que começam e terminam em vértices que possuem valores x e y . Em redes não orientadas e bipartéis $a_x = b_x$. Quando não há padrão de mistura homogêneo $e_{xy} = a_x b_x$. Caso ocorra um padrão de mistura, ele pode ser calculado pelo coeficiente Pearson de correlação dado por:

$$r = \frac{\sum_{xy} xy(e_{xy} - a_x b_x)}{\sigma_a \sigma_b}, \quad (2.3.7.2.2)$$

Onde σ_a e σ_b são os desvios padrões das distribuições de a_x e b_x . O valor de r , se distribui no intervalo de $-1 \leq r \leq 1$, com $r = 1$ indicando padrão perfeito de mistura homogênea, e valor -1 indicando padrão perfeito de mistura heterogênea.

4.3.7.1 Padrão de mistura baseado na valência dos vértices.

O índice para este tipo de padrão de mistura é muito similar ao de variáveis escalares. O que muda um pouco é que os valores de a_x e b_x são substituídos por q_k , que é a distribuição do grau excedente de um vértice no final de arco. O grau excedente define-se da seguinte forma: dado um arco que conecta dois vértices, seguindo-se ele do começo ao fim, o número de arcos remanescentes no vértice final constitui-se o grau excedente.

Assim, define-se e_{jk} como a fração de arcos que conectam vértices de valência j e k . Para estes vértices calcula-se a função de probabilidade do grau excedente q_k . Considerando que a distribuição de probabilidade do grau da rede é p_k , isto é a probabilidade que um vértice escolhido aleatoriamente tenha um grau igual a k , o excesso de grau q_k é definida por:

Formatado	... [1]
Formatado	... [2]
Código de campo alt	... [3]
Código de campo alt	... [4]
Formatado	... [5]
Formatado	... [6]
Código de campo alt	... [7]
Formatado	... [8]
Código de campo alt	... [9]
Código de campo alt	... [10]
Formatado	... [11]
Código de campo alt	... [12]
Código de campo alt	... [13]
Formatado	... [14]
Formatado	... [15]
Código de campo alt	... [16]
Formatado	... [17]
Código de campo alt	... [18]
Formatado	... [19]
Código de campo alt	... [20]
Código de campo alt	... [21]
Formatado	... [22]
Código de campo alt	... [23]
Formatado	... [24]
Código de campo alt	... [25]
Formatado	... [26]
Formatados: Marcadores e numeração	... [27]
Formatado	... [28]
Código de campo alt	... [29]
Formatado	... [30]
Formatado	... [31]
Código de campo alt	... [32]
Código de campo alt	... [33]
Formatado	... [34]
Código de campo alt	... [35]
Formatado	... [36]
Código de campo alt	... [37]
Formatado	... [38]
Código de campo alt	... [39]
Formatado	... [40]
Código de campo alt	... [41]
Formatado	... [42]
Código de campo alt	... [43]
Formatado	... [44]
Código de campo alt	... [45]
Formatado	... [46]
Código de campo alt	... [47]
Formatado	... [48]

$$q_k = \frac{(k+1)p_{k+1}}{z},$$

(2.3.7.3.1)

Formatado: Português

Código de campo alterado

Onde $z = \sum_k k p_k$ é o grau médio para toda a rede.

Código de campo alterado

Formatado: Português

A distribuição de q_k relaciona-se a e_{jk} por meio da equação:

$$\sum_j e_{jk} = q_k,$$

(2.3.7.3.2)

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Código de campo alterado

Código de campo alterado

Formatado: Português

O coeficiente do padrão de mistura segundo o grau dos vértices para uma rede não orientada é:

$$r = \frac{\sum_{jk} jk(e_{jk} - q_k q_j)}{\sigma_q^2},$$

(2.3.7.3.3)

Código de campo alterado

Formatado: Português

Onde, σ_q^2 é o desvio padrão da distribuição q_k .

Código de campo alterado

Formatado: Português

Formatado: Português

Código de campo alterado

Para uma rede orientada, a expressão equivalente é:

$$r = \frac{\sum_{jk} jk(e_{jk} - q_j^{in} q_k^{out})}{\sigma_{in} \sigma_{out}},$$

(2.3.7.3.4)

Código de campo alterado

Formatado: Português

Onde e_{jk} é definido agora como a probabilidade que um arco direcionado seja um vértice com grau de entrada j e um grau de saída k .

Código de campo alterado

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Formatados: Marcadores e numeração

Formatado: Português

2.3.8 Estrutura organizada em comunidades

Em redes sociais é muito comum a existência de comunidades que são "grupos de vértices que possuem uma alta densidade de arcos entre si, com uma baixa densidade de arcos com outros grupos" (NEWMAN, 2003b). É comum que pessoas com as mesmas afinidades, padrões de renda e escolaridade, se associem mais entre si, resultando no padrão de mistura homogêneo exposto no item anterior. Entretanto, nem sempre que ocorre um padrão de mistura homogêneo ocorre também a formação de uma comunidade. Caso o padrão de mistura seja de natureza escalar, não haverá uma comunidade (NEWMAN, 2003b).

A existência de comunidades não se limita apenas a redes sociais. Já foram identificadas estas estruturas em redes biológicas, em circuitos eletrônicos e na web (NEWMAN, 2004). A delimitação de comunidades em redes de pequena extensão é uma tarefa simples que pode ser realizada manualmente. Entretanto, a delimitação de comunidades em redes de larga escala é uma tarefa difícil que é realizada por meio de algoritmos matemáticos. NEWMAN (NEWMAN, 2004) comenta diversos algoritmos de identificação de comunidades listando suas vantagens e desvantagens, e também apresenta uma solução proposta por ele e por um dos seus colaboradores bastante interessante, baseada no conceito de grau de intermediação. Ele parte do princípio que os vértices com alto grau de intermediação funcionam como “gargalos” da rede, como ruas com alto tráfego, pois centralizam um grande número de rotas neles, sendo possíveis pontos de ligação entre comunidades diferentes. Assim, seu algoritmo primeiro identifica os vértices com o maior grau de intermediação e depois os remove da rede. Após a remoção há a formação de comunidades.

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

A identificação de comunidades pode ser útil na análise de redes sociais, assim como em redes de outra natureza. A identificação de comunidades na web facilita as ferramentas de busca de conteúdo, por exemplo.

2.4 Weighted networks – Redes com representação de intensidade de seus fluxos

Formatados: Marcadores e numeração

As seções anteriores deste capítulo se concentraram na apresentação de conceitos básicos da teoria dos grafos e na descrição das métricas mais conhecidas que descreve a topologia e a estrutura das redes. É claro que a compreensão da estrutura de uma rede é fundamental para o entendimento do funcionamento do sistema que esta representa, mas os fluxos que circulam sobre esta rede também o são. As redes do mundo real além de possuírem estruturas topológicas complexas, também contém diferentes capacidades e

Formatado: Português

intensidades de conexões em seus arcos. A representação e quantificação dos fluxos das redes se mostram relevantes em diversas aplicações: em redes de cadeia alimentar, na web, em redes sociais, em redes de transporte, etc (BARTHE'LEMY *et al.*, 2005).

Formatado: Português

Formatado: Português

Neste contexto, é reconhecida a necessidade de instrumentos analíticos para a análise dos fluxos das redes. BARTHE'LEMY *et al.* (2005) contribuem neste sentido, propondo algumas medidas que relacionam a topologia das redes com seus fluxos. Além disso, os mesmos autores também criaram um modelo simples de evolução de redes que leva em consideração seus fluxos. No mesmo trabalho foi avaliada a efetividade das medidas em dois conjuntos de dados, rede de transporte aéreo, e rede de colaboração científica, e os autores conseguiram alcançar bons resultados, suas medidas refletiam as características das redes e revelaram traços bem interessantes a respeito dos fluxos das mesmas.

Formatado: Português

Formatado: Português

O conjunto de ferramentas proposto por BARTHE'LEMY *et al.* (2005) foi também avaliado em outro experimento. As medidas foram aplicadas em uma análise sobre o movimento de migração pendular (*commuting*) de municípios da região de Sardina na Itália MONTIS (2007). O mesmo conjunto de ferramentas foi conjugada com algumas medidas espaciais para elaborar um modelo de rede para a representação e compreensão da evolução de uma rede de tráfego aéreo BARRAT *et al.* (2005).

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Algumas das medidas propostas por BARTHE'LEMY *et al.* (2005) são:

Formatado: Português

Formatado: Português

- A matriz de pesos, na qual o valor do fluxo é representado entre os pares de vértices em uma matriz quadrada;
- Caracterização da distribuição dos pesos da rede. Enquanto na caracterização topológica se analisa gráficos da probabilidade que um vértice tenha um grau k . Similarmente, a primeira caracterização dos fluxos (pesos) é obtida pela distribuição $P(w)$ que um dado arco tenha um determinado peso w ;

Código de campo alterado

Formatado: Português

Formatado: Português

Código de campo alterado

Código de campo alterado

Formatado: Português

- Força é uma medida variante do grau de um vértice. É o total de fluxos de um vértice;
- E disparidade que fornece uma visão do quão homogêneos ou não são os pesos dos fluxos que se direcionam para um determinado grau. Indica se há a presença de algum arco com peso dispare em relação aos outros arcos vizinhos. A disparidade é expressa por:

$$y(i) = \sum_{j \in v(i)} \left[\frac{w_{ij}}{s_i} \right]^2, \quad (2.4.1)$$

Onde, w_{ij} é o peso de um arco que liga o vértice i ao vértice j , s_i é a força do vértice i .

Além dos trabalhos recentes que agregam medidas de peso às medidas topológicas, há uma grande tradição de estudos de fluxos de redes que empregam os modelos de interação espaciais. Interação espacial é definida como o movimento de pessoas, *commodities*, capital e informação sobre o espaço que resultam de um processo de decisão (HAYNES e FOTHERINGHAM, 1984). Neste modelo o indivíduo envolvido em uma interação analisava de alguma forma se o benefício da interação superava os custos que eram necessários para superar a distância geográfica entre ele e o seu destino. (FISHER, 2006).

Existem vários modelos de interação espacial, os mais populares são os modelos gravitacionais baseados na lei de gravidade de Newton. Os modelos gravitacionais foram largamente usados em análises de diversos fluxos como migração, comércio, transporte, informação, etc. A forma mais geral dos modelos gravitacionais mensura um fluxo por meio do produto das massas dos dois vértices, multiplicado pelo inverso da distância entre eles HAGGETT (1971). A formula é dada por:

Formatado: Português

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Código de campo alterado

Formatado: Português

Excluído: (HAYNES e FOTHERINGHAM, 1984)

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

Formatado: Português

$$M_{ij} = P_i P_j \times \frac{1}{d_{ij}},$$

(2.4.2)

Código de campo alterado

Formatado: Português

A massa do modelo poderia ser qualquer variável que expressasse a massa do sistema, como população ou PIB (Produto Interno Bruto). E a distância poderia ser a distância Euclidiana, a distância geodésica em uma rede, o custo ou tempo.

Inúmeros modelos foram criados a partir de modificações dos modelos gravitacionais, inserindo variáveis como a impedância, por exemplo. A impedância é caracterizada como sendo uma medida que avalia os efeitos contrários à realização ou ao prolongamento das viagens. Em uma rede de transportes pode-se modelar as condições das estradas, ou a possibilidade de engarrafamentos como a impedância. Além dos modelos gravitacionais também há modelos de decaimento da distancia, modelos de maximização da entropia, modelos baseados em lógica *fuzzy*, modelos que utilizam redes neurais artificiais, entre outros.

A maioria dos modelos citados acima apenas faz estimativa dos fluxos de trocas entre os vértices. Eles raramente relacionam os fluxos com a topologia das redes.

Além de incorporar a análise dos fluxos, as atuais análises sobre a estrutura das redes deveriam incorporar também análises sobre os atributos espaciais das mesmas. Há poucos trabalhos que se dedicam a incorporar a dimensão espacial. Um deles é o de GASTNER e NEWMAN (2006) que entre outras medidas analisam a distribuição do tamanho real dos arcos de três redes

Formatado: Português

Formatado: Português

geográficas, uma de estradas, a outras de tráfego aéreo e da internet⁷ (Figura 2.4.1), e verificaram que na rede de estradas o comprimento médio era bem menor do que na rede de tráfego aéreo. Neste mesmo trabalho os autores criaram um modelo de crescimento de redes que obedece a duas restrições básicas: os vértices da rede devem se conectar com as menores distâncias euclidianas possíveis, e com os menores arcos possíveis também. Com estas restrições eles criaram redes que se aproximam a estrutura das redes espaciais criadas.

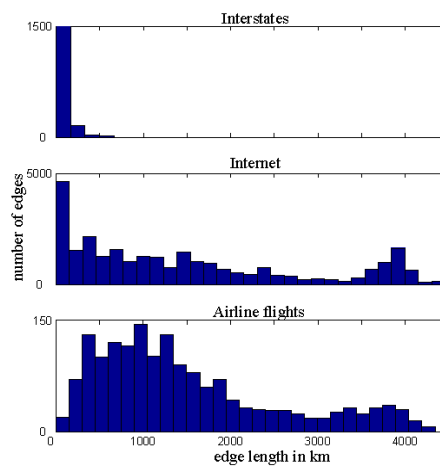


Figura 2.4.1 – Gráfico com o histograma do tamanho dos arcos das redes de rodovias, internet e tráfego aéreo.

Fonte: GASTNER e NEWMAN (2006)

2.5 Considerações finais do capítulo

⁷ Todas as citações até este ponto do documento referiam-se a web que é a rede formada pelos documentos e links. Já a internet é a rede física com seus servidores, roteadores e cabos.

Os recentes avanços no estudo da estrutura das redes fornecem ferramentas analíticas importantes para a compreensão dos fenômenos que se dão nos espaços articulados por elas. No caso do objetivo deste trabalho, no espaço urbano em formação da Terra do Meio. Entretanto, a maioria dos trabalhos recentes explora muito pouco a análise dos fluxos e os atributos espaciais das redes, itens que serão importantes de serem incorporados na tese em questão. Nossa proposta a respeito desta limitação é tentar integrar estrutura, fluxo e atributos espaciais em nossas análises.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a área de estudo e os procedimentos metodológicos que serão adotados ao longo do trabalho.

3.1. Área de estudo

A Terra do Meio está localizada nos municípios de Altamira e São Félix do Xingu. Ela é delimitada a leste pelo Rio Xingu e a oeste pelo Rio Iriri (**Figura 3.1**). A Terra do Meio está inserida na frente de expansão do sudeste do Pará, que parte de São Félix do Xingu, em direção ao Rio Iriri. Esta frente, junto com as frentes que partem do extremo norte do Mato Grosso pela rodovia Cuiabá-Santarém, e a frente que parte do norte de Mato Grosso e Rondônia em direção ao sul do Estado do Amazonas, são as regiões mais dinâmicas e que estão passando pelos processos mais intensos de transformação do território (BECKER, 2005).

A Terra do Meio se constituiu por meio do processo de expansão de duas áreas de ocupação antigas no Pará: Conceição do Araguaia - Redenção e Marabá, que sofrem bastante influência dos estados vizinhos de Goiás e Maranhão (ESCADA *et al.*, 2005).

A área de estudo é vizinha a três importantes regiões que possuem características distintas em razão de seus diferentes processos de ocupação. Ao norte a área se conecta com a Transamazônica por meio de rios e estradas (AMARAL *et al.*, 2006). Há expansão nessa direção, porém, com intensidade reduzida, devida à dificuldade de comunicação e ao estabelecimento de terras indígenas que acabam funcionando como uma barreira ao povoamento (**Figura 3.2**). A leste se conecta com os municípios em torno de São Félix do Xingu e Tucumã. É com esta área que a Terra do Meio estabelece as relações de maior intensidade. Por meio de redes de estradas, vilas, rios e aeroportos expande-se o processo de apropriação fundiária e mudança de uso do solo iniciados na região a leste de São Félix do Xingu. Finalmente a terceira área vizinha está a oeste da área de estudo e se comunica com ela através da BR-163 que ainda

não está pronta, mas que já possui estradas abertas em suas cercanias para a exploração de madeira e garimpo (AMARAL *et al.*, 2006).

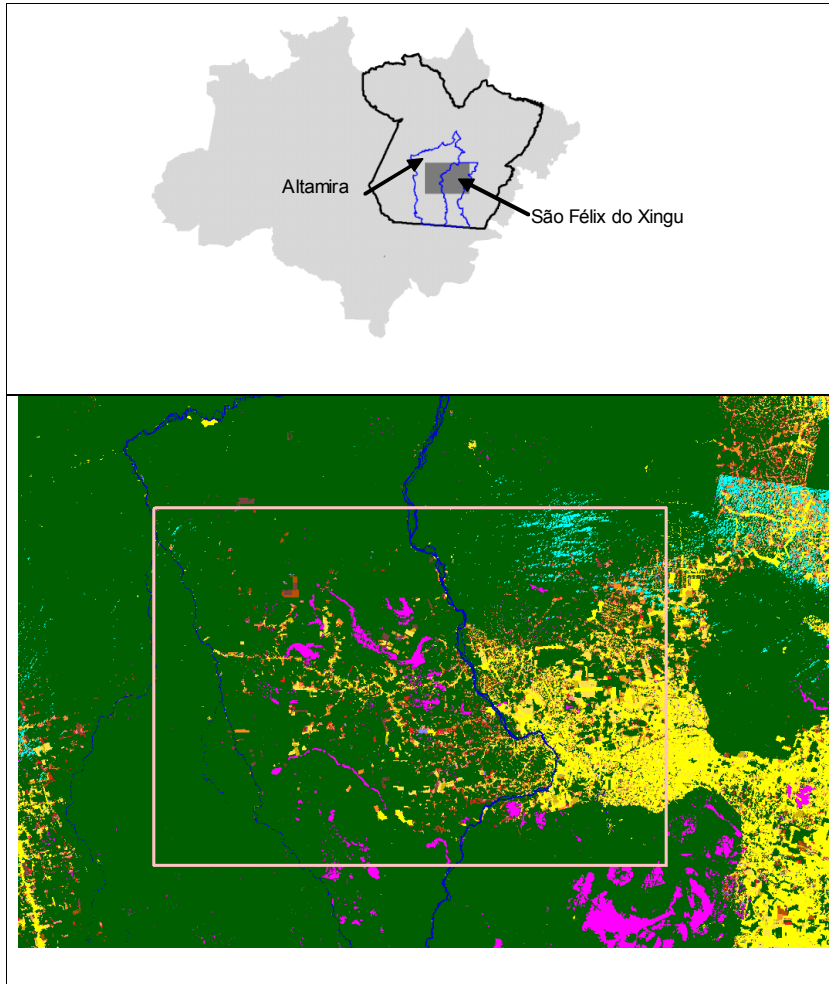


Figura 3.1 – Localização da área de estudo. Em tons de amarelo observam-se as áreas desmatadas até 2007, em verde as áreas de floresta, azul escuro hidrografia, azul claro é o resíduo e em fúcsia as áreas de não floresta.

Fonte: (INPE, 2007).

Outro fato que chama a atenção em relação a localização da Terra do Meio é que ela é cercada por terras indígenas e unidades de conservação. Na **Figura 3.2** observa-se que a maioria das grandes áreas cobertas por florestas receberam demarcações de Terras Indígenas (em roxo) e a criação de Unidades de Conservação (em verde claro no mapa). BECKER (BECKER, 2008) aponta que o estabelecimento de Unidades Conservação (UC) é um dos principais instrumentos do IBAMA para preservar os remanescentes de floresta.

Esta última autora também afirma que apesar do instrumento já existir desde 1930, é apenas na década de 80, mais precisamente no final da década, durante o governo Collor, que o país, especialmente a Amazônia, começa a apresentar um aumento significativo no número de UCs. BECKER (2008) atribui essa mudança a interiorização do povoamento e as pressões do movimento ambientalista.

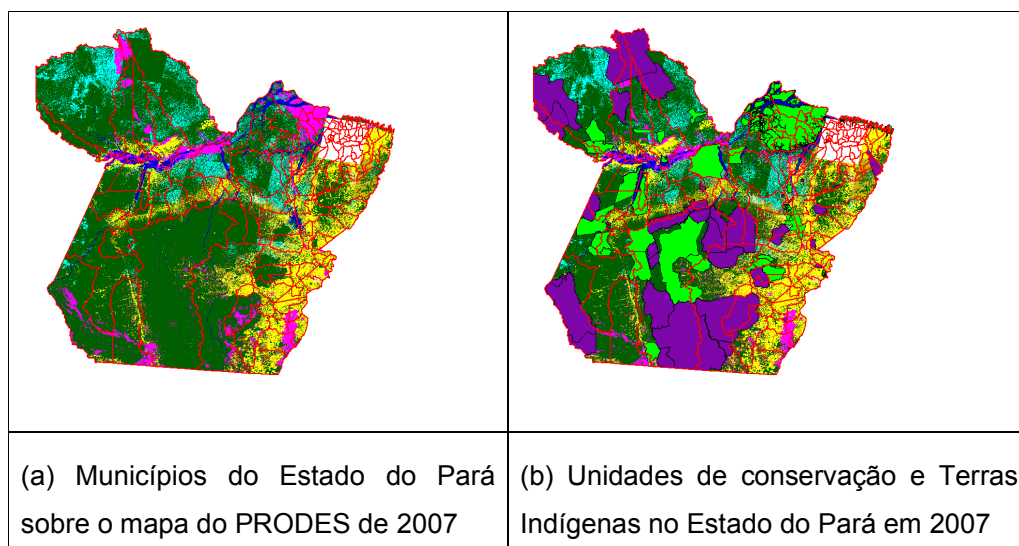


Figura 3.2 – Áreas de floresta preservada no Estado do Pará (em verde escuro) e seu relacionamento com Terras Indígenas (em roxo) e Unidades de Conservação (em verde claro).

Fonte: INPE (2008) e IBAMA (2008)

3.2. Desenvolvimento metodológico

Para alcançar os objetivos propostos neste trabalho, sugere-se o seguinte desenvolvimento metodológico sistematizado no fluxograma da Figura 3.2.1. A metodologia de trabalho é organizada em cinco grandes módulos, representados por retângulos no fluxograma. A seguir cada um dos módulos será descrito.

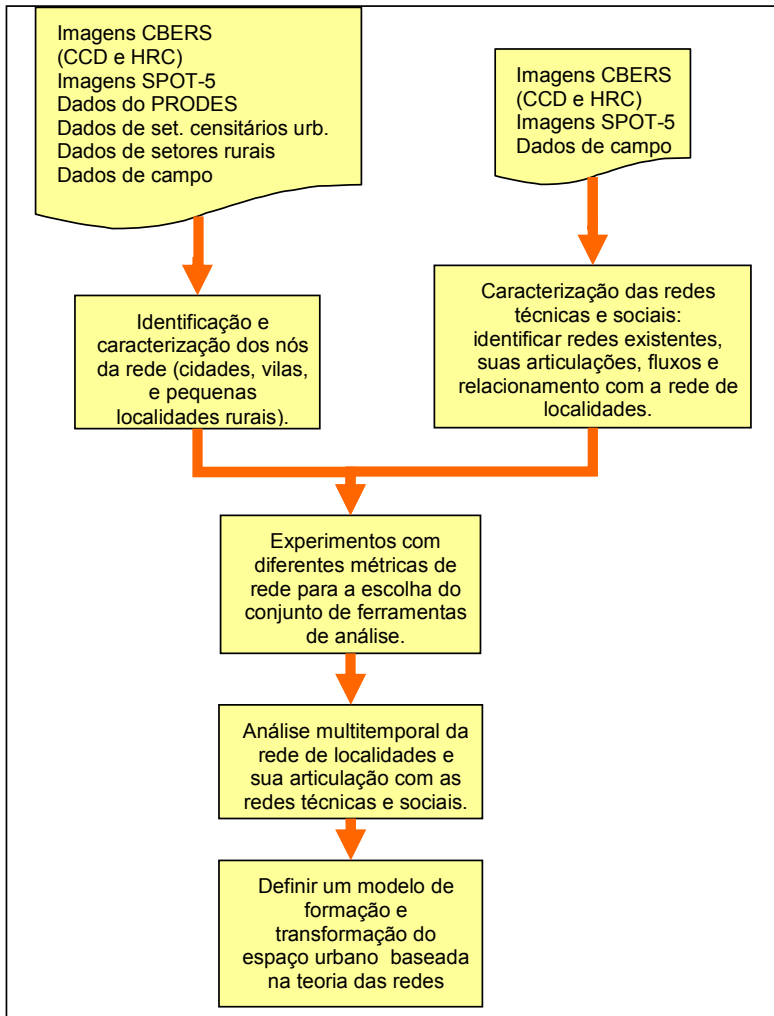
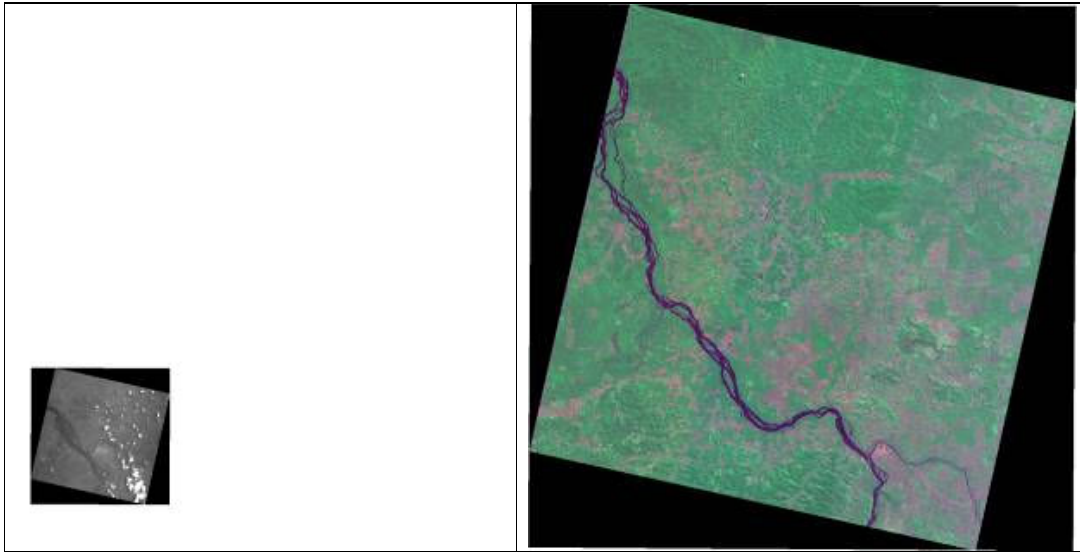


Figura 3.2.1 – Fluxograma com a articulação dos cinco módulos de trabalho propostos para a pesquisa.

3.2.1. Identificação e caracterização dos nós da rede

Nesta etapa serão identificados e caracterizados os nós da rede de localidades que formam o espaço urbano da região da Terra do Meio para o ano de 2008. A identificação será realizada por meio de dados de Sensoriamento Remoto de acordo com a seguinte seqüência de operações: 1) primeiro serão identificadas as áreas de potencial ocupação por assentamentos urbanos nos dados do PRODES, no caso áreas de desmatamento; 2) em seguida serão cruzados os polígonos de desmatamento com imagens CBERS-2 ou 2B do instrumento CCD para verificar se há realmente um assentamento humano, na área do polígono; 3) caso seja identificada uma área de assentamento, será realizada uma nova busca em imagens de alta resolução do satélite CBERS-2, instrumento HRC ou do satélite SPOT-5 para a caracterização espacial dos assentamentos, como: tamanho do assentamento, forma geométrica, quantidade de área verde e outros. Definiu-se a utilização de imagens de alta resolução espacial para a caracterização dos assentamentos com base nos resultados do trabalho de AMARAL *et al.* (AMARAL *et al.*, 2007) que identificou assentamentos populacionais na mesma área de estudo utilizando dados CBERS-2 e videografia de alta resolução.

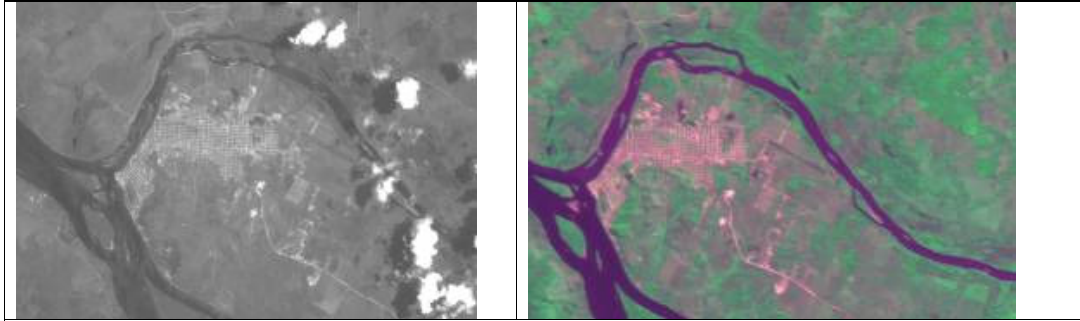
Na **Figura 3.2.1.1**, observa-se uma simulação da procura de um assentamento na área ao redor da cidade de São Félix do Xingu. Na coluna da direita são apresentadas imagens do instrumento HRC e a esquerda do CCD com composição colorida 2,4,1 (RGB). A partir da análise das figuras conclui-se que a identificação de assentamentos do porte de cidades como São Felix do Xingu é viável seguindo os passos propostos. Na **Figura 3.2.1.2** temos a mesma lógica para identificação de um assentamento muito pequeno denominado Vila dos Crentes. Nesta seqüência de figuras observa-se que é mais difícil identificar o assentamento, em escalas pequenas. Neste caso as informações coletadas em campo e em trabalhos anteriores forneceram informações complementares para se alcançar a localização dos pequenos assentamentos.



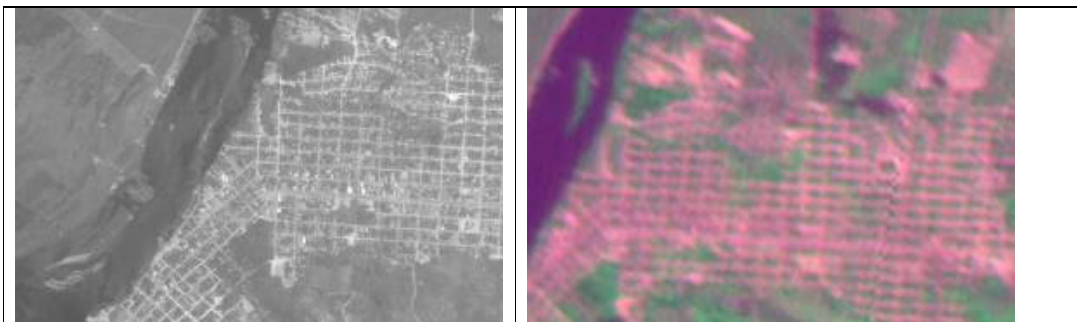
(a) Escala - 1:300.000



(b) Escala - 1: 129.192

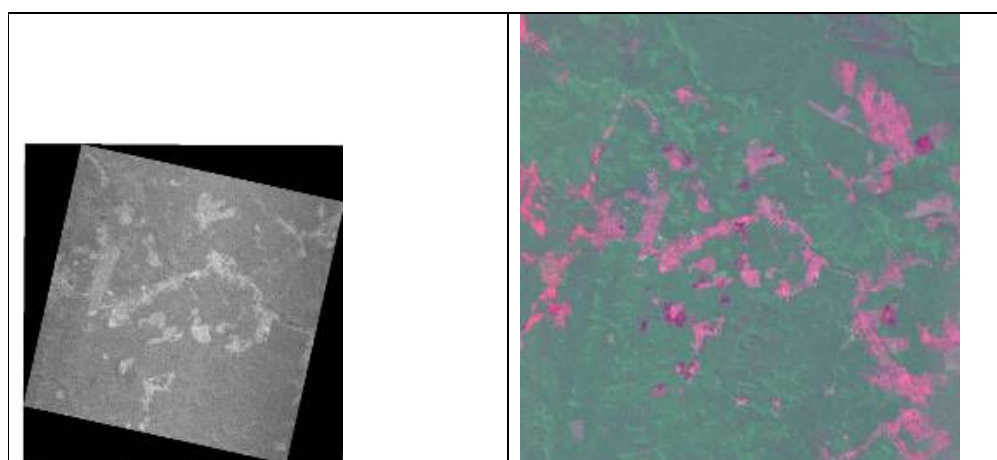


(c) Escala - 1: 31.317

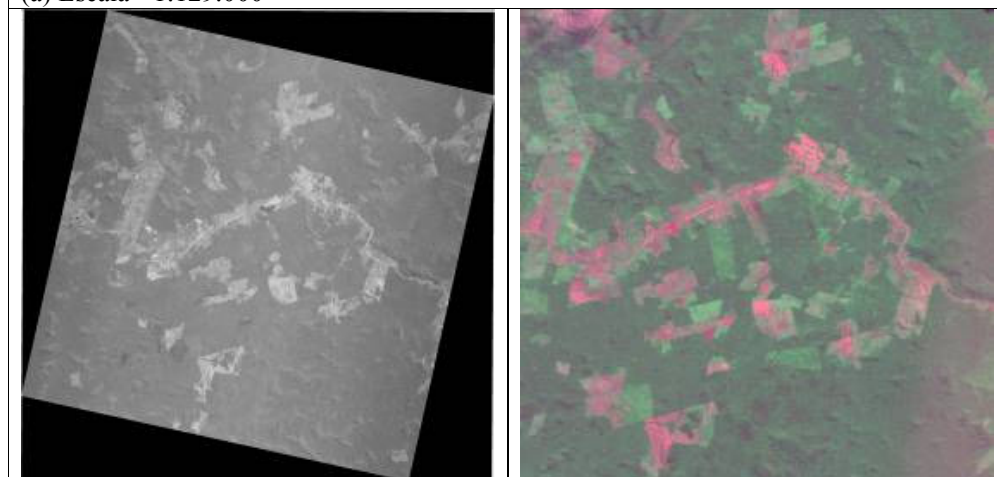


(d) Escala - 1: 7.407

Figura 3.2.1.1 – Visualizações de imagens HRC e CCD para a localização de assentamentos – caso da cidade de São Félix do Xingu.



(a) Escala - 1:129.000



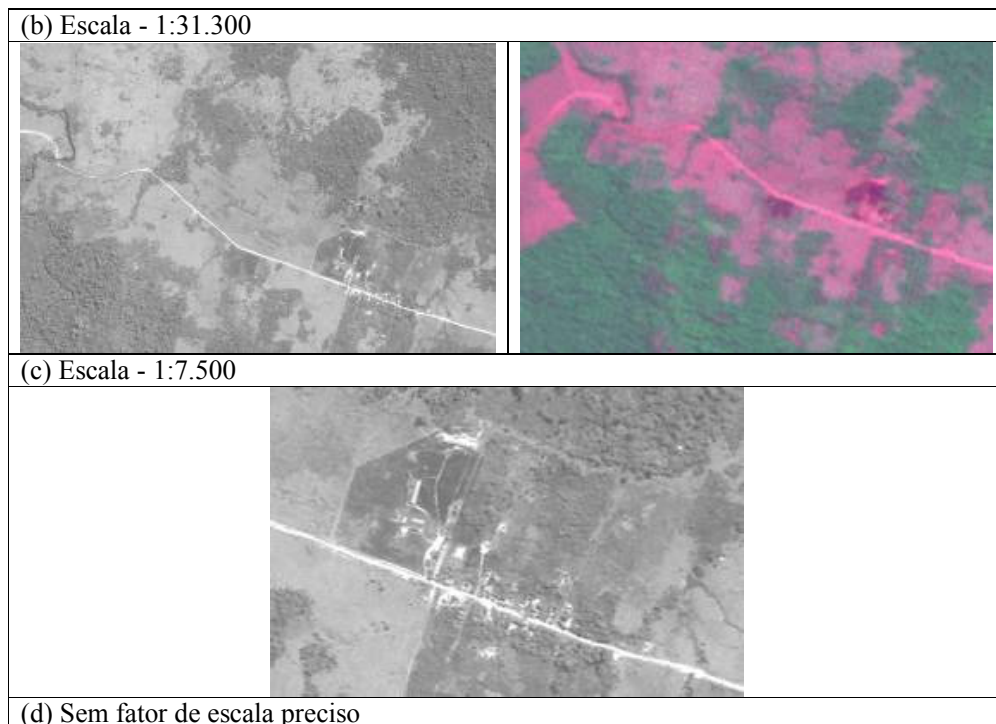


Figura 3.2.1.2 – Visualizações de imagens HRC e CCD para a localização de assentamentos – caso da localidade Vila dos Crentes.

Após a confirmação da existência de um assentamento, inicia-se a etapa de caracterização dos nós da rede de localidades. A caracterização será realizada a partir de três conjuntos de dados distintos: imagens, dados censitários (setores urbanos e rurais) e dados de campo.

Para a caracterização a partir das imagens serão realizados dois grupos de tarefas: operações de pré-processamento e operações de extração de atributos. O primeiro grupo de tarefas será composto por: correção geométrica (registro ou ortorretificação dependendo da resolução da imagem), restauração e filtragem das imagens CBERS com o objetivo de melhorar a ‘resolução’ das imagens, e fusão de imagens para permitir uma melhor identificação dos alvos nas imagens de alta resolução que são pancromáticas. Já na extração de

atributos serão realizadas duas atividades: a classificação de cobertura do solo e a extração de algumas métricas de forma das manchas dos assentamentos.

Os passos para a caracterização a partir de dados censitários e de dados de campo⁸ serão definidos após a coleta destes dados.

3.2.2. Caracterização dos fluxos das redes técnicas e sociais

Neste módulo de trabalho serão mapeadas as redes técnicas: estradas, aeroportos, telecomunicações e as redes sociais: órgãos do governo, associações trabalhistas, associações de direito civil, entre outras. O mapeamento e identificação destas redes utilizará como fonte de dados o trabalho de campo e as informações da pesquisa desenvolvida por (AMARAL *et al.* (2006), na qual foram identificadas uma série de redes que se relacionavam com as localidades da Terra do Meio.

Neste mesmo módulo será definido o espectro multitemporal (o número de datas e o intervalo entre elas) que será utilizado durante o trabalho com base nos dados coletados em campo e já existentes no INPE.

3.2.3. Experimentos métricas de redes

Este módulo consiste em um conjunto de testes por meio dos quais se avaliará os seguintes pontos:

Que métricas são aplicáveis as redes mapeadas? Quanto a viabilidade prática (presença de dados e parâmetros necessários) e quanto a aderência aos objetivos do trabalho.

⁸ O trabalho de campo tem data prevista para junho ou julho deste ano.

Quais programas podem ser utilizados? Dos programas selecionados, qual possui o melhor custo benefício (custo de aquisição, sistema operacional compatível, ferramentas robustas e métricas adequadas à escolha do passo anterior)? Existem inúmeros softwares para a análise de redes alguns, inclusive são gratuitos e desenvolvidos em plataformas *open source*, o que permite a criação de novas métricas e análises neles.

A finalização deste módulo se dará pela elaboração de um modelo de análise de redes que integre as métricas topológicas, com análise dos fluxos e atributos espaciais das redes. Para tanto será utilizado o resultado dos testes propostos.

3.2.4. Análise multitemporal da rede de localidades

Neste módulo será aplicado o modelo de análise criado no módulo anterior ao conjunto de dados da série temporal estabelecida. O objetivo desta análise é conseguir explicar mudanças na configuração da rede de localidades da Terra do Meio. A **Figura 3.2.4.1** exemplifica o tipo de mudança que se pretende de explicar na rede. Nesta figura foi criada uma rede hipotética que sofre alterações em suas conexões, neste caso, há a criação de novos arcos entre as localidades e o resultado do novo arranjo interfere nas características dos núcleos. Este exemplo hipotético se simulou apenas a criação de novas conexões, mas outras mudanças podem ocorrer na rede como, mudança na intensidade do tráfego de um arco, supressão de um arco, ou até mesmo de uma localidade.

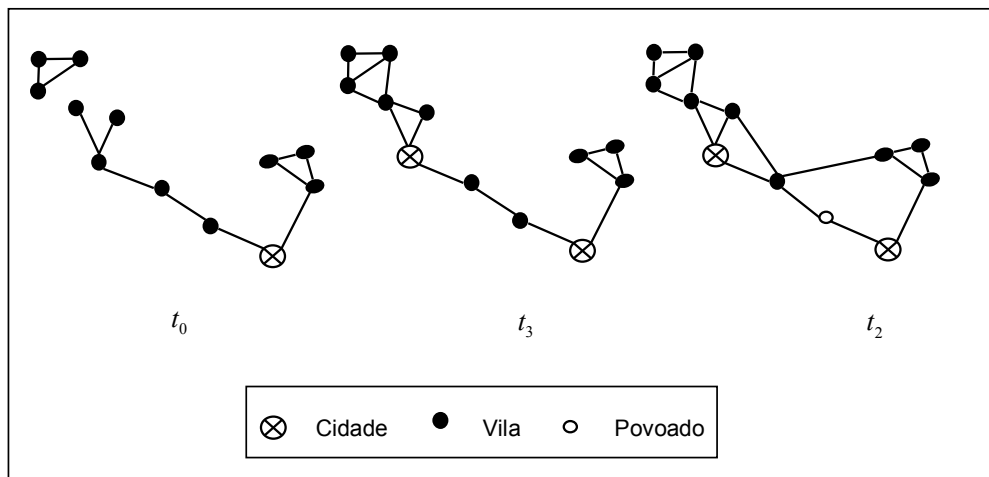


Figura 3.2.4.1 – Evolução hipotética de uma rede de localidades com inserção de novas conexões no decorrer do período apresentado, influenciando na estrutura da rede e nas propriedades dos vértices.

3.2.5. Definir um modelo de formação e transformação do espaço urbano baseada na teoria das redes

Este módulo será definido a partir das análises do módulo anterior em conjunto com a de revisão da literatura referente a modelos de transição urbana (BROWDER e GODFREY, 1990; BROWDER e GODFREY, 1997) e de conversão do uso do solo (BROWDER, 2002) para áreas de fronteira na Amazônia.

4 Cronograma

Metodologia	2009	2009	2009/10	2010	2010	2010/11
	Mar/Jun	Jul/Out	Nov/Fev	Mar/Jun	Jul/Out	Nov/Fve
Identificação e caracterização dos nós da rede.	X	X				
Caracterização das redes técnicas e sociais		X				
Experimentos – ferramentas de análise	X	X				
Análise multitemporal da rede de localidades x redes técnicas e sociais			X	X		
Definição do Modelo					X	X

Referencias

- ALBERT, R. e A.-L. BARABÁSI. Statistical mechanics of complex networks **Reviews of Modern Physics**, v.74, n.1, 30 January 2002, p.50. 2002.
- AMARAL, S., M. I. S. ESCADA e A. M. V. MONTEIRO. Dados de videografia aérea e imagens CCD/CBERS2 para a identificação de assentamentos humanos em uma região de fronteira na Amazônia. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis INPE. 21-26 abril 2007, 2007. 6585-6592 p.
- AMARAL, S., A. M. V. MONTEIRO, G. CÂMARA, M. I. S. ESCADA e A. P. D. AGUIAR. Processos de ocupação nas novas fronteiras da Amazônia (o interflúvio do Xingu/ Iriri). **GEOGRAFIA, Rio claro**, v.31, n.3, set./dez. 2006, p.20. 2006.
- BARABÁSI, A.-L. The Architecture of Complexity: from network structure to human dynamics. **Control Systems Magazine, IEEE**, v.27, n.4, Aug. 2007, p.9. 2007.
- BARABÁSI, A.-L. e R. ALBERT. Emergence of Scaling in Random Networks **Science**, v.286, n.5439, 15 October 1999, p.3. 1999.
- BARABÁSI, A.-L. e E. BONABEAU. Scale-Free Networks. **Scientific American**. may 2003: 9 p. 2003.
- BARRAT, A., M. BARTH'ELEMY e A. VESPIGNANI. The effects of spatial constraints on the evolution of weighted complex networks. **Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment**, n.5, p.20. 2005.
- BARTHE'LEMY, M., A. BARRAT, R. PASTOR-SATORRAS e A. VESPIGNANI. Characterization and modeling of weighted networks. **Physica A**, v.346, p.12. 2005.
- BATTY, M. Network Geography: Relations, Interactions, Scaling and Spatial Processes in GIS. **CASA Working Papers**. 63: 24 p. 2003.
- BECKER, B. K. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? **PARCERIAS ESTRATÉGICAS**, n.12, set. 2001, p.24. 2001.
- _____. Geopolítica da Amazônia. **ESTUDOS AVANÇADOS**, v.19, n.53, p.71. 2005.

_____. Redefinindo a Amazônia: o vetor tecnológico. In: I. E. D. CASTRO, P. C. D. C. GOMES, *et al* (Ed.). **Brasil: Questões Atuais de Reorganização do Território**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. Redefinindo a Amazônia: o vetor tecnológico, p.223-244

BROWDER, J. O. The urban-rural interface: Urbanization and tropical forest cover change. **Urban Ecosystems**, v.6, p.20. 2002.

BROWDER, J. O. e B. GODFREY. **Rainforest Cities**. New York: Columbia University Press. 1997. 429 p.

BROWDER, J. O. e B. J. GODFREY. Frontier Urbanization in the Brazilian Amazon: A Theoretical Framework for Urban Transition. **Conference of Latin American Geographers** 1990.

CARDOSO, A. C. D. Tipologias e Padrões de Ocupação Urbana na Amazônia Oriental. In: A. C. D. CARDOSO (Ed.). **O Rural e o Urbano na Amazônia: Diferentes olhares em Perspectivas**. Belém: EDUFPA, 2006. Tipologias e Padrões de Ocupação Urbana na Amazônia Oriental, p.215

CASTELLS, M. **A sociedade em rede**. São Paulo: Paz e Terra, v.1. 1999 (A era da Informação: Economia, Sociedade e Cultura)

CORRÊA, R. L. **A Rede Urbana**. Rio de Janeiro: Editora Ática. 1994

ESCADA, M. I. S., I. C. G. VIEIRA, S. A. KAMPEL, R. ARAÚJO, J. B. D. VEIGA, A. P. D. AGUIAR, I. VEIGA, M. OLIVEIRA, J. L. G. PEREIRA, A. C. FILHO, P. M. FEARNSIDE, A. VENTURIERI, F. CARRIELLO, M. THALES, T. S. G. CARNEIRO, A. M. V. MONTEIRO e G. CÂMARA. Processos de ocupação nas novas fronteiras da Amazônia (o interflúvio do Xingu/ Iriri). **ESTUDOS AVANÇADOS**, v.19, n.54, p.14. 2005.

FISHER. Spatial Interaction Models and the Role of Geographic Information Systems. In: FISHER (Ed.). **Spatial Analysis and GeoComputation Selected Essays** Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2006. Spatial Interaction Models and the Role of Geographic Information Systems, p.29-43

GASTNER, M. T. e M. E. J. NEWMAN. The spatial structure of networks **The European physical journal. B, Condensed matter physics**, v.49, n.2, p.247. 2006.

HAESBAERT, R. **O Mito da Desterritorialização**. Rio de Janeiro: BBrasil. 2007. 400 p.

HAESBAERT, R. e E. LIMONAD. O território em tempos de globalização. **etc, espaço, tempo e crítica: Revista Eletrônica de Ciências Sociais Aplicadas e outras coisas** v.2, n.4, ago. 2007, p.13. 2007.

HAGGETT, P. **Locational Analysis in Humann Geography**. London: Edward Arnold 1971. 339 p.

HAYNES e FOTHERINGHAM. **Gravity and spatial interaction models**. . Beverly Hills: SAGE. 1984

IBAMA. O SisCom - Sistema Compartilhado de Informações Ambientais: IBAMA 2008.

INPE. Amazon deforestation database: INPE 2007.

_____. Amazon deforestation database: INPE 2008.

MACHADO, L. O. Urbanização e Mercado de Trabalho na Amazônia Brasileira. **Cadernos do IPPUR/UFRJ**, v.13, n.1, p.30. 1999.

MONTE-MÓR, R. L. A Relação Urbano-Rural no Brasil Contemporâneo. **II Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional**. Santa Cruz do Sul - RS UNISC 2004.

_____. O que é urbano no mundo contemporâneo. **Revista Paraense de Desenvolvimento**, n.111, jul./dez., p.20. 2006.

MONTIS, A. D., M. BARTH'ELEMY, A. CHESSA e A. VESPIGNANI. The structure of Inter-Urban traffic A weighted network analysis. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v.34, n.5, p.19. 2007.

MOREIRA, R. Cidade e campo no Brasil contemporâneo. **Ciência Geográfica, Bauru**, v.11, n.3, p.6. 2005.

NEWMAN, M. E. J. Mixing patterns in networks. **Phys. Rev. E**, v.67, n.2, p.14. 2003a.

_____. The structure and function of complex networks. **published in SIAM**, v.45, p.89. 2003b.

_____. Detecting community structure in networks. **Eur. Phys. J. B**, v.38, p.9. 2004.

NEWMAN, M. E. J. e J. PARK. Why social networks are different from other types of networks. **Phys. Rev. E**, v.68. 2003.

SANTOS, M. **Por uma Geografia Nova**. São Paulo: HUCITEC - EDUSP. 1978. 285 p.

_____. **A Urbanização Brasileira**. São Paulo: HUCITEC. 1994

SMITH, D. A. e M. TIMBERLAKE. Conceptualising and Mapping the Structure of the World System' s City System. **Urban Studies**,, v.32, n.2, p.5. 1995.

SOUZA, M. L. D. **O Desafio Metropolitano**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2000. 368 p.

_____. **Mudar a Cidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2001. 560 p.

TAYLOR, P. J., G. CATALANO e D. R. F. WALKER. Exploratory Analysis of the World City Network. **Urban Studies**, v.39, n.13, p.17. 2002a.

_____. Measurement of the World City Network. **Urban Studies**, v.39, n.13, p.6. 2002b.

WATTS, D. J., D. J., STROGATZ e S. H. Collective dynamics of 'small-world' networks. **Nature Publishing**, v.393, n.6684, p.42. 1998.

← - - - - **Formatado:** Recuo: À esquerda: 0 cm, Deslocamento: 1,27 cm

Página 35: [1] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [2] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [3] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [4] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [5] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [6] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [7] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [8] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [9] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [10] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [11] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [12] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [13] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [14] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [15] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [16] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [17] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [18] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [19] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [20] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [21] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [22] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [23] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		

Página 35: [24] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [25] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [26] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [27] Alterar	carolina	02/02/2009 15:09:00
Marcadores e numeração formatados		
Página 35: [28] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [29] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [30] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [31] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [32] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [33] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [34] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [35] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [36] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [37] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [38] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [39] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [40] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [41] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [42] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [43] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [44] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
Português (Brasil)		
Página 35: [45] Alterar	Unknown	
Código de campo alterado		
Página 35: [46] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00

Português (Brasil)

Página 35: [47] Alterar	Unknown
--------------------------------	----------------

Código de campo alterado

Página 35: [48] Formatado	carolina	02/02/2009 18:06:00
----------------------------------	-----------------	----------------------------

Português (Brasil)