



GOVERNANÇA CLIMÁTICA NAS CIDADES: REDUZINDO VULNERABILIDADES E AUMENTANDO RESILIÊNCIA

CLIMATIC GOVERNANCE IN CITIES: REDUCING VULNERABILITIES AND ENHANCING RESILIENCE

Rafael D'Almeida Martins
Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais (NEPAM)
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
rdamartins@gmail.com

RESUMO

Cidades são vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas. Governos locais têm um papel importante na implementação de políticas coordenando, facilitando e implementando ações relativas a essas mudanças. Esse artigo explora quais são os fatores que habilitam e limitam governos locais a tomar ações na direção de adaptação à mudança climática a partir de um marco analítico que leva em conta vulnerabilidades e governança urbana para construção de cidades resilientes.

Palavras-chave: Adaptação; mudança climática; governança climática urbana; resiliência; vulnerabilidade

ABSTRACT

Cities are particularly vulnerable to the effects of climate change. Local governments play an important role in implementing climate change policies as key actors in coordinating, facilitating and implementing climate change actions. This paper explores the factors that enable and hinder local governments to take action in terms of climate adaptation through an analytical framework that accounts for vulnerabilities and urban governance to build resilient cities.

Keywords: Adaptation; climate change; local governance; resilience; urban climatic governance; vulnerability

1. INTRODUÇÃO

Os impactos das mudanças climáticas são esperados em áreas urbanas e rurais afetando não somente recursos hídricos, florestas e ecossistemas, mas também a produção de alimentos, as zonas costeiras e a saúde humana (Parry *et al.*, 2007). Impactos das mudanças climáticas como tempestades, secas e ondas de calor poderão afetar negativamente a disponibilidade de água potável, a distribuição de energia elétrica e os sistemas de transporte das cidades. Em cidades litorâneas, elevação do nível médio dos mares e suas consequências colocam-se como uma das principais preocupações para essas localidades. Dada a situação de muitas cidades brasileiras, que contam com famílias vivendo em áreas sujeitas a inundação e deslizamento de terra, bem como não dispõem de habitação e sistemas de saneamento básico para parcela importante da população, os impactos das mudanças climáticas poderão ser ainda mais desastrosos (Satterthwaite *et al.*, 2007; Satterthwaite, 2008).

Neste contexto, governos locais são fundamentais para implementar políticas públicas relativas às mudanças climáticas, pois eles estão próximos de onde os impactos dessa mudança deverão ocorrer e têm o potencial de empreender ações tanto de mitigação como de adaptação (Puppim de Oliveira, 2009). De forma geral, a resposta dada por cidades em relação às mudanças climáticas concentra-se na redução das emissões líquidas de gases de efeito estufa (GEE), chamada de mitigação, e na diminuição dos impactos das mudanças climáticas por meio de ajustes e alterações em sistemas sociais e naturais no ambiente urbano (adaptação). Adaptação também pode oferecer reduções locais e regionais dos impactos climáticos, bem como diminuir a vulnerabilidade em relação à variabilidade do clima (Dawson, 2007).

Em vários países, governos locais aparecem frequentemente como atores fundamentais coordenando, facilitando e implementando essas ações (Storbjörk, 2007). Torna-se, portanto, necessário analisar o papel que esses governos têm na formulação e implementação dessas políticas públicas, especialmente em áreas urbanas que agregam a maioria da população mundial e são

importantes centros de atividade econômica e infra-estruturas em geral (Satterthwaite *et al.*, 2007).

Na ausência de uma tradição consolidada de estudos sobre o tema no Brasil, esse artigo contribui com a emergente produção científica sobre cidades e mudanças climáticas explorando fatores que apoiam e limitam governos locais a empreender ações na direção da adaptação. Tanto no Brasil, quanto no debate internacional, poucos são os trabalhos científicos que vão além da análise de poucas cidades, oferecendo uma perspectiva internacional sobre o tema (Alber e Kern, 2008; Bulkeley *et al.*, 2009). Todavia, os poucos trabalhos encontrados mostram e relatam dificuldades e barreiras enfrentadas por governos locais ao buscar implementar tais ações no nível local, normalmente recaindo sobre questões relacionadas a capacidade de formulação e implementação dessas políticas públicas de enfrentamento às mudanças climáticas, bem como nos sistemas de governança dessas esferas de governo (Storbjörk, 2007; Keskitalo e Kulyasova, 2009).

Além disso, parte considerável da literatura sobre adaptação às mudanças climáticas tem como foco de análise as áreas rurais onde as pessoas são mais dependentes de recursos naturais para manter sua subsistência. Entretanto, discussões recentes ressaltam a urgência de maior compreensão tanto das vulnerabilidades, como das alternativas de adaptação em áreas urbanas, especialmente onde os níveis de pobreza e taxas de crescimento populacional são mais elevados (Satterthwaite *et al.*, 2007; Tanner *et al.*, 2008). Acreditando na importante contribuição que a Geografia pode dar a esses estudos, tendência essa já verificada internacionalmente, busca-se estimular o engajamento de pesquisadores brasileiros no tema. Assim colocado, esse trabalho discute a vulnerabilidade das cidades a partir de um marco analítico que entende o desafio da adaptação em termos da governança urbana para construir cidades mais resilientes às mudanças climáticas.

A primeira parte do artigo, após a introdução, discute o método aplicado nesta pesquisa, bem como as estratégias de investigação. Em seguida, discorre-se sobre a governança do clima numa perspectiva que reconhece diferentes níveis de resposta, bem como escalas do problema, do global para o local. Posteriormente, apresenta-se o papel dos governos

locais na governança climática urbana e da vulnerabilidade e riscos presentes nas cidades à luz dos impactos projetados das mudanças climáticas. A quarta parte do artigo concentra-se na discussão sobre adaptação às mudanças climáticas em áreas urbanas a partir de um marco que privilegia a análise desses processos a partir de três grupos de fatores que apoiam e limitam os governos locais nas ações de adaptação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia deste trabalho envolveu a análise de diversos estudos de caso publicados em revistas científicas internacionais e em relatórios de pesquisas de centros renomados de investigação que são referência para a área de cidades e mudanças climáticas como Tyndall Centre for Climate Change Research, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) e International Human Dimension Programme on Global Environmental Change. Os estudos de caso analisados são trabalhos recentes, publicados ao longo desta década. A maioria dos casos selecionados foi de cidades de países em desenvolvimento, sobretudo do continente asiático, continente onde se espera que os efeitos da mudança do clima sejam um dos mais acentuados (Parry *et al.*, 2007). Também foram analisados casos de realidades de países industrializados, como Reino Unido, Alemanha, Estados Unidos e Canadá, de forma a compor um quadro comparativo relevante no plano internacional (Figura 1).



Figura 1 – Distribuição geográfica dos estudos de caso analisados selecionados de periódicos científicos e instituições de pesquisa

As questões centrais que nortearam a análise deste trabalho foram: como os governos locais e subnacionais podem enfrentar o desafio colocado pelas mudanças climáticas, diminuindo vulnerabilidades e aumento a resiliência dos sistemas urbanos? E quais os fatores-chave que facilitam ou limitam essas ações? Para isso também foi realizada a

revisão da literatura internacional sobre o tema como forma não só de compor um conjunto amplo e abrangente de diferentes realidades e abordagens para compreender qual o papel dos governos locais e quais elementos são importantes na implementação de medidas de adaptação, como também verificar as diferentes estratégias que estão sendo empregadas em diferentes contextos.

3. RESULTADOS

3.1. Governança climática urbana: do global para o local

A assinatura da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC em inglês) na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio 92, é tida como o primeiro passo em termos de ações coordenadas para enfrentar o problema do aquecimento global. Esse processo foi estimulado por crescente consenso no interior da comunidade científica de que o aquecimento da superfície da Terra estaria relacionado com o aumento das emissões de GEE desde o período pré-industrial (Figura 2). Tal esforço foi seguido pela negociação e ratificação do Protocolo de Quioto, sendo que os compromissos para implementação dos acordos ficaram sob responsabilidade dos governos nacionais dos países signatários desses tratados.

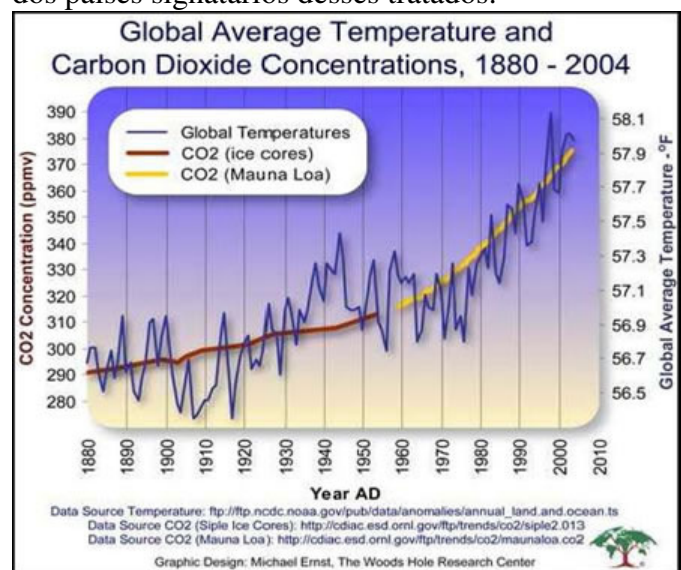


Figura 2 – Aumento da temperatura da superfície da Terra e o aumento da concentração de CO₂ desde 1880. Fonte: The

Woods Hole Research Center

<whrc.org/resources/primer_fundamentals>

Por esta razão, grande parte da literatura sobre a esfera política da mudança climática é marcada pela análise dos níveis global e regional de governança priorizando o desenvolvimento e a implementação do regime internacional do clima. Tal regime engloba os princípios, as normas e os processos que regem esse arranjo de tomada de decisão e governança no plano internacional (Bulkeley e Betsill, 2003). Todavia, o tema tem uma dimensão local importante, já que grande parte das atividades humanas que levam ao aquecimento global e contribuem para as mudanças ambientais globais, em geral, acontecem no nível local (Wilbanks e Kates, 1999).

Assim, enquanto o marco das relações internacionais continua a ser um importante objeto de pesquisa, as cidades são hoje consideradas uma das arenas fundamentais onde a governança do clima está acontecendo por conta de ações concretas de enfrentamento às mudanças climáticas, sobretudo de mitigação (Satterthwaite, 2008; Bulkeley *et al.*, 2009). Nos meios acadêmicos e políticos, esse reconhecimento tem levado a um crescente interesse em pensar a problemática das mudanças climáticas como um problema urbano e o debate sobre cidades e mudança climática vêm recebendo cada vez mais atenção no interior das ciências humanas (Bulkeley e Betsill, 2003; Lankao, 2007; Betsill e Bulkeley, 2007).

De acordo com Bulkeley *et al.* (2009) o desenvolvimento de uma abordagem urbana para a governança do clima está intrinsecamente relacionado ao aparecimento de redes transnacionais de cidades e autoridades locais no final da década de 1980. No início, o foco de atuação dessas iniciativas foi apoiar a elaboração de inventários de GEE, propondo a adoção de metas de redução das emissões desses gases. Alguns exemplos dessas redes são a Cities for Climate Protection (CCP), uma iniciativa do International Council for Local Environmental Initiatives (ICLEI), a Climate Alliance e a Energie-Cités.

Embora tradicionalmente as medidas de mitigação tenham sido mais comumente empregadas em iniciativas concretas e receberam mais recursos tanto de governos locais, como de organismos internacionais – como UNFCCC, por exemplo – o

tema da adaptação está cada vez mais presente no debate público sobre mudanças climáticas na medida em que o aquecimento global é considerado inequívoco pela maioria da comunidade científica especializada na análise do tema. Outro ponto que deve ser ressaltado e que cada vez ocupa maior espaço na discussão são as escalas temporais envolvidas ao redor do problema. Ou seja, mesmo que fosse possível transformar a matriz energética do planeta, mudar comportamentos e adotar padrões de desenvolvimento ambientalmente sustentáveis no curto prazo, as emissões passadas e presentes de GEE ainda ficariam na atmosfera por várias décadas (Matthews e Caldeira, 2008). Dado que as mudanças tecnológicas, sociais e culturais necessárias também são de longo prazo, cresce a necessidade de planejamento e implementação de medidas de adaptação (Parry *et al.*, 2008). Nesse sentido, de acordo com Alber e Kern (2008), redes transnacionais de cidades que por vários anos concentraram seus esforços em mitigação começaram recentemente a expandir seu interesse e atuação também para adaptação.

3.2. O papel dos governos locais (e subnacionais)

Pode-se dizer que o tema da adaptação às mudanças climáticas se relaciona com governos locais de, pelo menos, quatro formas diferentes (Bulkeley e Betsill, 2003; Alber e Kern, 2008). Primeiro, as cidades são centros de alto consumo de energia e produzem grandes quantidades de resíduos sólidos que são fonte de emissões de GEE (Lankao, 2007). Vale notar que com ações de mitigação, diminui-se a necessidade de adaptação no longo-prazo. Segundo, muitos governos locais já estão envolvidos com ações de desenvolvimento sustentável por meio de, por exemplo, a implementação da Agenda 21. Além disso, os impactos da mudança climática têm implicações diretas no contexto urbano e as cidades deverão se adaptar à nova situação de mudança. Em terceiro lugar, governos locais são, em geral, facilitadores de ação, pressionando governos nacionais e estaduais a desenvolver projetos na escala local que podem ter um efeito-demonstração e serem replicados e disseminados para outras localidades e esferas de governo. Quarto, as relações e sinergias entre

políticas relacionadas às mudanças climáticas, governança urbana e desenvolvimento sustentável são, em geral, mais evidentes no nível local e podem servir como uma oportunidade e um incentivo para a promoção de inovações sociais, políticas, tecnológicas e administrativas que auxiliem nas respostas ao problema (Lankao, 2007).

Nesse sentido, é importante compreender o escopo do envolvimento de governos locais em medidas de adaptação. A qualidade do governo no nível local tem papel importante nas atividades de gestão de riscos climáticos. Atualmente, a maioria dos governos locais, principalmente nos países em desenvolvimento, apresenta baixa capacidade institucional para lidar tanto com o tema da adaptação às mudanças climáticas, bem como com eventos climáticos extremos em geral (Parry *et al.*, 2007; Satterthwaite *et al.*, 2007; Satterthwaite, 2008; Tanner *et al.*, 2008). Abaixo são apresentadas algumas das responsabilidades observadas de governos locais (e subnacionais) em funções que se relacionam às medidas de adaptação às mudanças climáticas. Normalmente esses governos são responsáveis por:

1. Finanças: gestão financeira e contábil do orçamento municipal; coleta e gestão de impostos, licenciamentos e taxas.
2. Engenharia e obras públicas: construção e manutenção do espaço público.
3. Desenvolvimento urbano: regulação do uso do solo, zoneamento urbano, registro de imóveis e planejamento urbano.
4. Saúde pública: coleta, distribuição e tratamento de água potável, controle de poluição, coleta e tratamento de resíduos sólidos, higiene sanitária, limpeza de áreas públicas, além de serviços médicos e ambulatoriais.
5. Políticas sociais: habitação, escolas, creches, juventude, idosos, etc.
6. Defesa civil: resposta a desastres, incêndios, serviços de ambulância e resgate.
7. Administração pública: várias tarefas e responsabilidades administrativas incluindo a gestão de recursos humanos.

Medidas de adaptação envolvem mudanças e

melhorias significativas em políticas públicas e instrumentos de gestão já disseminados na administração pública em muitas dessas áreas. Autores como Satterthwaite *et al.* (2007), Dawson (2007) e Tanner *et al.* (2009) afirmam que é impossível conceber um programa efetivo de adaptação às mudanças climáticas sem um governo local competente, capaz e sensível aqueles que estão sob maior risco. Dessa forma, o processo de adaptação deve ser dirigido e coordenado a partir do nível local onde os riscos e as vulnerabilidades associadas aos impactos da mudança climática são dependentes e influenciam o contexto local.

3.3. Vulnerabilidade e risco em áreas urbanas

De forma geral, áreas urbanas são vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas, mesmo considerando as grandes diferenças existentes em termos de sistemas naturais e ecológicos e de dinâmicas sócio-econômicas. Atualmente, mais da metade da população mundial vive em áreas urbanas e estima-se que o número de pessoas vivendo em cidades em 2050 corresponderá ao total da população mundial no ano de 2004, ou seja, cerca de 6,3 bilhões de pessoas (Bulkeley *et al.*, 2009). Em termos globais, 80% das cidades estão localizadas próximas a rios e zonas costeiras, tornando-as suscetíveis a maior incidência de inundações, seja por conta de tempestades, como pela elevação do nível do mar (Satterthwaite *et al.*, 2007; Bulkeley *et al.*, 2009).

Segundo o Fourth Assessment Report, Working Group II (AR4) do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), publicado em 2007, os assentamentos urbanos mais vulneráveis às mudanças climáticas são, geralmente, localizados em zonas costeiras ou próximos a rios. Também se destaca a dependência econômica de recursos naturais que são sensíveis ao clima, bem como as localidades que apresentam as maiores taxas de urbanização (Parry *et al.*, 2007). O Quadro 1 ilustra alguns dos impactos da mudança climática em áreas urbanas.

Quadro 1 – Impactos das mudanças climáticas em áreas urbanas. Fonte: Wilbanks *et al.* (2007); Satterthwaite (2008).

MUDANÇA CLIMÁTICA	IMPACTOS NAS ÁREAS URBANAS
<i>MUDANÇAS NAS MÉDIAS</i>	
TEMPERATURA	- Demanda energética crescente (aquecedor / ar condicionado) - Deterioração da qualidade do ar - Ilhas de calor urbano
PRECIPITAÇÃO	- Risco crescente de enchentes - Risco crescente de deslizamentos de terra e escorregamento de encostas - Migrações das zonas rurais - Interrupção das redes de abastecimento de produtos alimentares
ELEVAÇÃO DO NÍVEL DOS MARES	- Inundações costeiras - Redução de renda oriunda de agricultura e turismo - Salinização das fontes de água doce
<i>MUDANÇAS NOS EXTREMOS</i>	
CHUVAS INTENSAS E TEMPESTADES	- Inundações mais intensas - Maior risco de deslizamentos - Perturbações nos meios de subsistência e na economia das cidades - Danos em casas, fábricas e infra-estruturas
SECAS	- Escassez de água potável - Maior preço dos alimentos - Perturbações no sistema hidroelétrico - Migrações das zonas rurais
ONDAS DE CALOR OU DE FRIO	- Maior demanda energética no curto prazo (aquecedor / ar condicionado)
MUDANÇAS ABRUPTAS DO CLIMA	- Possíveis impactos de uma elevação extrema do nível do mar - Possíveis impactos de um aumento rápido e extremo das temperaturas
<i>MUDANÇAS NA EXPOSIÇÃO</i>	
MOVIMENTOS POPULACIONAIS	- Migrações de <i>habitats</i> rurais perturbados
MUDANÇAS BIOLÓGICAS E ECOLÓGICAS	- Aumento dos <i>habitats</i> de vetores de doenças infecciosas

Existe uma ampla literatura que ressalta os riscos associados a eventos climáticos extremos, assim como a relação entre elevação do nível do mar, disponibilidade de água potável e perturbações na

produção local e regional de alimentos (Dawson, 2007; Tanner *et al.*, 2009). Porém, não é possível fazer generalizações sobre esses riscos, uma vez que a natureza e a escala desses eventos variam consideravelmente de acordo com as diferentes localidades e regiões do mundo, assim como dependem de aspectos físicos e sociais específicos.

A capacidade das pessoas de evitar o perigo, de enfrentá-lo e ainda de adaptar-se para evitar perdas e riscos futuros é influenciada por recursos individuais e comunitários. Esses riscos também são interdependentes, variando de acordo com a localidade, disponibilidade e qualidade da infraestrutura, além da provisão de serviços públicos e a presença de redes sociais e públicas de proteção (Satterthwaite *et al.*, 2007; Tanner *et al.*, 2009).

A falta de atenção a esses riscos enfrentados por grande parte dos centros urbanos ameaça e expõem várias pessoas a possibilidade de sofrer com os impactos da mudança climática (Hardoy e Pandiella, 2009). A evidência empírica sugere que aqueles que vivem em áreas que não são adequadas para residência e não dispõem de recursos individuais e comunitários (ativos) estão mais expostos, apresentam menores capacidades de resposta e adaptação e, portanto, são mais vulneráveis.

Assim, a vulnerabilidade como idéia-força é geralmente definida em termos da exposição ao risco, da capacidade (ou incapacidade) de reação, ou seja, da capacidade adaptativa diante da materialização do risco. De acordo com Liverman (1990), vulnerabilidade é o grau pelo qual um sistema ou uma unidade de análise - podendo ser uma cidade ou uma pessoa - é exposto a experimentar um dano ou perda por conta de perturbações, choques ou estresses. No interior da comunidade científica que trabalha dentro do campo das dimensões humanas das mudanças ambientais globais, vulnerabilidade também é identificada em termos da exposição da unidade de análise a crises, estresses e choques, assim como à capacidade inadequada dessa unidade em fazer face às consequências e aos perigos decorrentes desses choques (De Sherbinin *et al.*, 2007).

O modo desordenado como os centros urbanos vêm crescendo em todo o mundo somado a características físicas e naturais distintas que são observadas em diferentes partes do planeta deixam

claro que vulnerabilidades em relação a eventos climáticos existem independentemente da presença da mudança climática de natureza humana, uma vez que a própria variabilidade natural do clima já é fonte de perdas, danos e mortes todos os anos. Porém, num contexto de mudanças climáticas, a dimensão humana desses riscos assume forma de crescente e preocupante vulnerabilidade, sobretudo quando são analisados grupos populacionais específicos. Nesse sentido, vale destacar, como principais vetores de vulnerabilidade, a segregação espacial, limitações do planejamento urbano, carências em infra-estruturas e desigualdades sócio-econômicas (Tanner *et al.*, 2009). Assim, espera-se que a mudança climática e seus impactos agravem a situação atual em muitas dessas cidades tornando medidas de adaptação cada vez mais necessárias (Satterthwaite *et al.*, 2007).

3.4. Adaptação às mudanças climáticas

Existe grande interesse da comunidade científica em identificar políticas públicas e arranjos institucionais que podem apoiar medidas de adaptação. Apesar de um crescente repertório de tecnologias e técnicas de gestão para responder a eventos climáticos, danos associados a esses eventos como, por exemplo, tempestades e enchentes ocorrem todos os anos em várias partes do mundo e no Brasil, resultando em perdas econômicas e de vidas humanas (Satterthwaite *et al.*, 2007).

Medidas de adaptação bem sucedidas podem reduzir a vulnerabilidade da sociedade fortalecendo e apoiando mecanismos de enfrentamento que já existem, envolvendo ações específicas e integrando a redução de vulnerabilidades no interior de políticas públicas mais amplas (Tanner *et al.*, 2009). Para adaptar-se à mudança climática são necessárias ações em todos os níveis de governo e setores da sociedade levando em conta a escala temporal em que ocorrem essas mudanças, ou seja, no longo prazo (Adger, 2005).

O tema da adaptação não pode ser considerado como novo. Ao longo da história humana, diferentes povos têm se adaptado à variabilidade climática por meio da alteração de assentamentos humanos, práticas de agricultura e aspectos relacionados aos modos de vida e subsistência em diferentes localidades (Dawson,

2007). Nesse sentido, como o tema é tratado de forma essencialmente local, já que os impactos da mudança climática são sentidos de forma mais aguda neste nível, as respostas ao problema deverão ser formuladas e implementadas levando em consideração necessidades, características e valores da localidade em questão (Wilbanks e Kates, 1999). Contudo, em muitos casos, essas estratégias deverão ser apoiadas por políticas e programas presentes em níveis hierárquicos superiores, como no caso das políticas nacionais (Adger, 2005; Satterthwaite, 2008; Tanner *et al.*, 2008).

Adaptação refere-se tanto aos processos como as condições necessárias para adaptar-se. O termo apresenta interpretações específicas de acordo com as diferentes disciplinas (como no caso da Antropologia, Ecologia e da Biologia). Ao longo da literatura sobre mudança climática, muitas definições foram propostas e algumas se referem somente aos aspectos sociais (Smit *et al.*, 1999). Assim, pode-se interpretar a adaptação como sendo em relação à mudança climática ou a mudanças de caráter mais geral, como mudanças culturais ou sócio-econômicas. Pode ser tanto em resposta a efeitos adversos, como também em relação a oportunidades positivas decorrentes de impactos climáticos atuais e futuros, como, por exemplo, no caso da prática de agricultura em áreas alagadas ou sob gelo.

Ações relacionadas à adaptação envolvem a participação de diversos atores, instituições e variam de acordo com sistemas sócio-ecológicos. Além disso, essas medidas necessitam de intenso planejamento e conhecimento sobre temas que a ciência ainda apresenta grandes incertezas e abordagens disciplinares muitas vezes conflitantes (Parnell *et al.*, 2007). Essa teia complexa de processos multifacetados que envolvem tanto as medidas de adaptação, a vulnerabilidade física e sócio-econômica, bem como as capacidades adaptativas presentes nos meios naturais e humanos (ou sócio-ecológicos), além de infra-estruturas urbanas, serviços e políticas públicas, variam de região para região (Alber e Kern, 2008).

4. DISCUSSÃO

O desafio de conceber a mudança climática no nível local e implementar ações de adaptação não

é tarefa fácil (Satterthwaite *et al.*, 2007). Diferentes estudos apontaram desencontros entre políticas públicas que têm efeito sobre a adaptação urbana, como, por exemplo, Ferreira (2001) para casos no Brasil. Internacionalmente, Storbjörk (2007) ressaltou o aparecimento de conflitos quando se tentou implementar políticas locais relativas às mudanças climáticas na Suécia. Esses são apenas alguns exemplos que demonstram barreiras que influenciam a capacidade de governos locais desenvolverem políticas públicas apropriadas em relação à adaptação e que ainda não são bem compreendidas e avaliadas em grande parte da literatura sobre o tema.

A análise de vários estudos de caso comprova a complexidade da temática e oferece um repertório de abordagens para formular estratégias de adaptação. Essas estratégias buscam, de forma geral, coordenar esforços para minimizar impactos por meio da redução de vulnerabilidades existentes e aumentar a resiliência das comunidades, das infraestruturas urbanas e dos sistemas sócio-ecológicos através de diferentes arranjos de governança e medidas institucionais e legais.

Também é importante ressaltar que grande parte dos estudos analisados para propósito desse artigo é de autoria de pesquisadores afiliados a centros de investigação de países industrializados, em grande parte localizadas na Europa, Austrália e Estados Unidos. Mesmo quando o foco da investigação foram as cidades localizadas em países de contexto em desenvolvimento (América Latina, África e Ásia), a pesquisa foi realizada por centros e instituições dos países desenvolvidos, salvo poucas exceções. Martins e Ferreira (2009; 2010) já haviam discutido resultados semelhantes quando analisaram a pesquisa científica sobre as dimensões humanas das mudanças climáticas na América Latina.

De um lado, esses resultados mostram que existem maiores preocupações sobre as respostas urbanas à mudança climática por parte das instituições de pesquisa dos países industrializados. Também permitem problematizar a questão por diferentes ângulos de análise. Um primeiro ponto que merece destaque é que muitos países em desenvolvimento ainda não internalizaram a agenda das mudanças climáticas em suas pesquisas, já que reconhecem outros temas como sendo mais

importantes. Tal fato estimula preocupação, uma vez que se espera que os impactos das mudanças climáticas sejam mais acentuados nos países em desenvolvimento.

Outro ponto que merece ser mencionado é a responsabilidade histórica dos países industrializados em relação ao aquecimento global. Apesar de países emergentes como Brasil, Rússia, Índia e China (BRIC) terem começado a contribuir de forma significativa com as emissões de GEE nas últimas duas décadas, esses países ainda emitem bem menos que os países industrializados em termos per capita. As figuras 3, 4 e 5 ilustram a realidade das emissões totais em termos absolutos e per capita. Assim, o maior número de pesquisas oriundas de investigadores e centros de países industrializados pode ser interpretado como uma maior preocupação com o problema não somente em termos históricos, como também futuros, dado que hoje existem novos e grandes emissores de GEE.

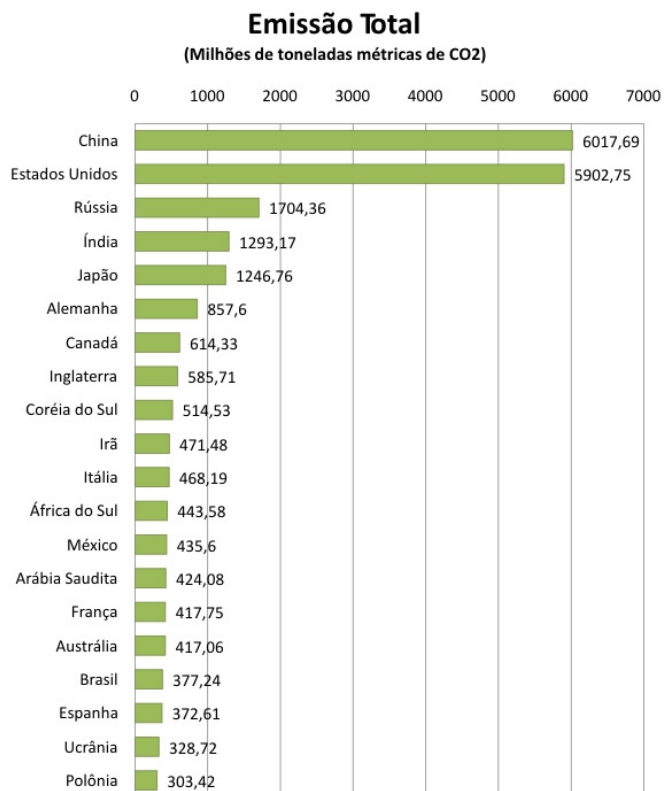


Figura 3 – Emissão Total de CO₂ por países. Dados de 2006.

Fonte: Union of Concerned Scientists

<silvaporto.com.br/blog/?tag=emissoes-de-gee>

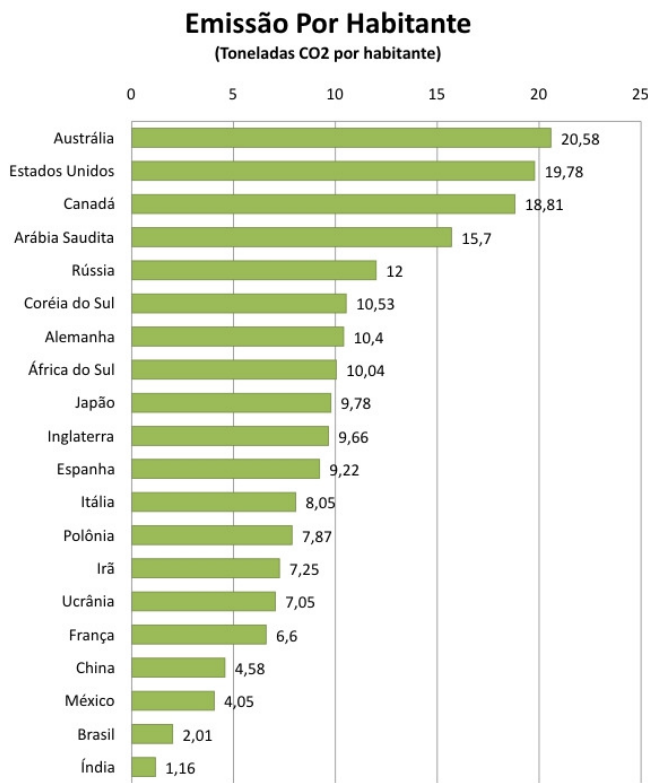


Figura 4 – Emissões de CO₂ per capita por países. Dados de 2006. Fonte: Union of Concerned Scientists <silvaporto.com.br/blog/?tag=emissoes-de-gee>

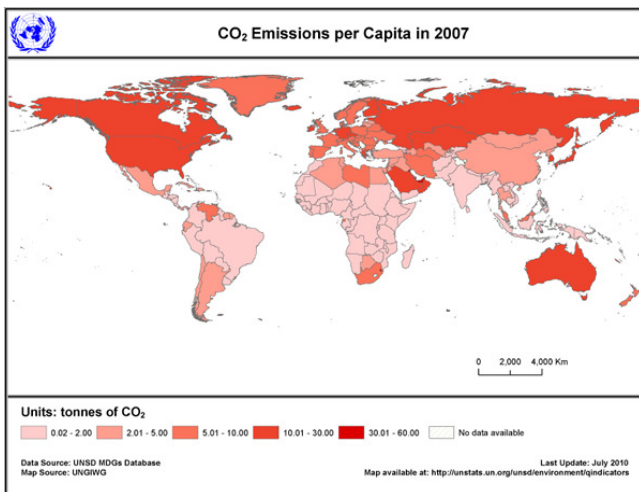


Figura 5 – Emissões Globais de CO₂ por países. Dados de 2007. Fonte: United Nations Statistics Division <unstats.un.org/unsd/environment/air_co2_emissions>

Neste contexto, o conceito de resiliência vem sendo ao mesmo tempo intensamente debatido, como também contestado em diferentes disciplinas. Sua aplicação considera uma visão sistêmica e dinâmica de sistemas sócio-ecológicos (Nelson *et al.*, 2007).

Nas abordagens urbanas, a cidade é considerada como um sistema sócio-ecológico complexo que possibilita identificar fatores que apóiam e limitam a ação dos governos locais. Tais fatores também orientam a discussão sobre respostas apropriadas de adaptação no contexto urbano.

Neste trabalho, adota-se o conceito de resiliência que se refere à capacidade de resistir e adaptar-se em face de choques e estresses climáticos. No contexto da vulnerabilidade urbana, aumentar resiliência constitui, portanto, estratégias autônomas e planejadas de adaptação que são funções de processos sociais, econômicos, políticos e culturais que reduzem a vulnerabilidade daqueles sob maior risco (Tanner *et al.*, 2009).

O processo de adaptação corresponde, assim, ao processo de tomada de decisão, poder e autoridade de implementar essas ações. Trata-se de um processo que leva em consideração o conhecimento, a experiência, a prática e as estruturas institucionais que, relacionadas entre si, caracterizam opções, alternativas e determinam ações (Nelson *et al.*, 2007). Faz-se necessário uma combinação de vários fatores, incluindo os diferentes tipos de atores, conhecimento, estruturas de governança e marcos institucionais.

Para identificar esses fatores e compreender como eles se relacionam para construir cidades mais resilientes é necessário uma análise integrada da realidade urbana (Figura 6). Tal marco, concebido a partir da literatura sobre adaptação e da análise dos estudos de caso que são objeto desse artigo, busca aspectos relativos aos mecanismos de governança urbana. Os grupos de categorias utilizados funcionam, neste caso, como lentes sob as quais esses processos podem ser observados, servindo como estratégia para organizar o processo de investigação e de análise, identificando fatores relevantes.

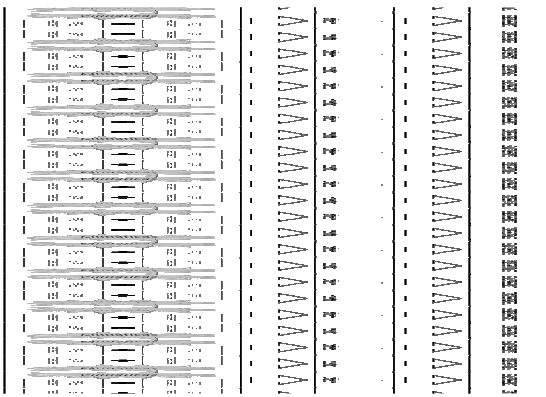


Figura 5 – Marco analítico de cidades resilientes

Na escala das cidades, deve-se pensar sobre os impactos da mudança climática, medidas de adaptação, mitigação e na sustentabilidade urbana de forma integrada, uma vez que a análise não pode ser retirada de seu contexto regional, nacional e, em alguns casos, global. Essa análise de sistemas urbanos pode auxiliar cidades a encontrar instrumentos e estratégias apropriadas para enfrentar o desafio da adaptação em áreas urbanas. A partir dos estudos de caso, o Quadro 2 apresenta uma síntese dos fatores que apóiam e limitam cidades e seus governos locais nas ações de adaptação.

Quadro 2 – Categorias e fatores que apóiam e limitam governos locais.

Grupos de Fatores	Fatores que apóiam	Fatores que limitam
Recursos e capacidade	<ul style="list-style-type: none"> -capacidade e autoridade de regular e coordenar ações; -presença de um empreendedor político ou indivíduo comprometido; -alocação de recursos financeiros e humanos; -capacidade de comunicação e disseminação; -competência para estabelecer objetivos claros, exequíveis e capacidade de definir prioridades; 	<ul style="list-style-type: none"> -baixa capacidade e autoridade do governo local para implementar ações na direção de adaptação; -falta de recursos financeiros, humanos e tecnológicos; -falta de uma estratégia de comunicação para sensibilizar setores internos e externos ao governo local;
Conhecimento e informação	<ul style="list-style-type: none"> -percepção das vulnerabilidades e riscos por parte da população, técnicos e autoridades locais; -colaboração com uma comunidade científica local sobre os impactos das mudanças climáticas e medidas de adaptação; 	<ul style="list-style-type: none"> -incerteza em relação à ocorrência e a extensão dos impactos que dificulta a definição de prioridades; -compreensões baixas ou inadequadas dos impactos das mudanças climáticas e de como essas mudanças influenciam a dinâmica da cidade;

<p>Instituições e governança</p>	<p>-existência de programas nacionais para apoiar iniciativas locais de governos municipais;</p> <p>-participação em redes nacionais, regionais e transnacionais;</p> <p>-criação de um departamento ou agência intergovernamental para liderar o processo de planejamento e implementação das ações de adaptação;</p> <p>-presença de uma estratégia de participação e engajamento dos setores relevantes;</p>	<p>-ausência de uma política ou estratégia nacional para orientar os governos locais;</p> <p>-foco no curto-prazo levando em conta a lógica político-eleitoral ao invés de planejamento de longo-prazo;</p> <p>-visão '<i>business as usual</i>' que não considera os custos de não fazer nada;</p> <p>-problemas na coordenação de ações inter e intra-governamentais envolvendo diferentes secretarias, departamentos e esferas de governo;</p>
---	---	---

Os grupos de fatores escolhidos para analisar os processos de adaptação foram: recursos e capacidade; conhecimento e informação e instituições e governança.

4.2. Recursos e capacidade

A disponibilidade de recursos financeiros e humanos são fundamentais para o planejamento e implementação da adaptação. Algumas dessas medidas requerem a construção ou a melhoria de infra-estruturas urbanas que muitas vezes estão além da capacidade de investimento de muitas cidades. Essa questão está diretamente relacionada ao tema do financiamento da adaptação. Em alguns países, os governos locais dispõem de maior poder e autonomia fiscal, porém, na maioria dos casos, será necessário um financiamento adicional para a adaptação urbana oriundo do governo nacional ou da cooperação internacional para o desenvolvimento.

Apesar da importância dos recursos financeiros, recursos humanos, tecnológicos e capital político e social também são indispensáveis para iniciar e sustentar essas políticas no longo prazo (Carmin *et al.*, 2009). Uma equipe bem treinada e

dedicada para cuidar de assuntos referentes à mudança climática mostrou-se um fator importante nas cidades que já iniciaram o processo de adaptação. A liderança de um empreendedor político ou alguém com capacidade de introduzir o tema na agenda de governo e desenvolvê-lo ao longo do tempo também se mostra fundamental para mobilizar recursos e explorar alternativas inovadoras, muitas vezes além da fronteira territorial da cidade.

Além disso, há evidências na literatura que cidades que experimentaram eventos climáticos extremos ou desastres associados a esses eventos tiveram um estímulo para iniciar ações no sentido da adaptação, apesar de muitas vezes esses eventos não terem ligação direta com a mudança do clima (Bulkeley *et al.*, 2009).

4.3. Conhecimento e informação

O processo de adaptação requer disponibilidade de informação e conhecimento em relação aos impactos e como se adaptar. Para uma política pública abrangente no nível local faz-se necessário um conjunto de dados e informações sobre a localidade (em termos de dados, modelos, cenários, mapas, diagnósticos e análises. Conhecimento e informação disponíveis para formular, planejar e implementar estratégias de longo-prazo é um dos passos estruturantes do processo de adaptação.

Algumas cidades com capacidade de avaliar suas vulnerabilidades e desenvolver cenários futuros combinados com Sistemas de Informação Geográfica (SIG) ilustram que possuir uma boa base de dados e informação sobre os impactos da mudança climática auxilia e impulsiona as ações, além de auxiliar gestores e autoridades políticas locais com informações confiáveis que eles podem se basear no processo de tomada de decisão em contexto de grande incerteza.

O tema da mudança climática, de forma geral, abrange altos níveis de incerteza, principalmente no nível local (Satterthwaite *et al.*, 2007; Dawson, 2007; Satterthwaite, 2008). Dessa forma, esforços na direção de oferecer orientação sobre onde se localizam as áreas mais críticas e quais opções podem ser exploradas aparecem como elementos importantes para estimular uma discussão sobre alternativas de adaptação na cidade.

Entretanto, a realidade empírica mostra que a disponibilidade desses dados no nível local é escassa, principalmente nas cidades dos países em desenvolvimento. Além do mais, mesmo quando os dados estão disponíveis, existe uma série de problemas e lacunas na interface entre ciência e esfera política para que esses dados possam resultar em políticas públicas concretas (Cash e Moser, 2000).

Muitas cidades vêm apostando na criação de fóruns como espaços de intercâmbio de experiências e idéias onde gestores, técnicos, políticos, pesquisadores e representantes da sociedade civil têm a oportunidade de discutir suas vulnerabilidades, avaliar opções e traçar alternativas de forma multidisciplinar e participativa (Carmin *et al.*, 2009).

4.4. Instituições e governança

Marcos institucionais e estruturas de governança, como legislação, normas e mecanismos de participação que possibilitam a implementação de políticas de adaptação, são elementos fundamentais e ainda pouco estudados no nível local em termos de mudança climática (Bulkeley *et al.*, 2009). Além de conhecimento e recursos, um conjunto de condições configura e delimita a capacidade da cidade de agir em termos de adaptação. Alguns desses fatores são: a presença de mecanismos de governança local participativa e democrática, a capacidade de diálogo e interação com diferentes setores da sociedade, a existência de legislações e planos diretores que possibilitam a intervenção do governo local no planejamento urbano, a provisão de infra-estrutura urbana e serviços públicos e a disponibilidade de sistemas de alerta e defesa civil (Satterthwaite, 2008).

Várias das cidades pioneiras em termos de respostas de adaptação às mudanças climáticas criaram departamentos específicos e equipe multidisciplinares, dando a eles visibilidade, garantia de recursos financeiros e responsabilidade para coordenar ações e estratégias de diferentes secretarias e órgãos de governo de forma inter e intra-governamental (Carmin *et al.*, 2009).

De forma geral, governos são organizações estáticas e burocráticas que levam tempo para mudar e interiorizar novos temas e prioridades. Assim, ao invés de iniciar novos planos ou novas políticas

públicas para tratar do tema da adaptação, muitas vezes é mais efetivo começar o processo baseando-se em programas e ações que já estão em andamento. Dessa forma, os técnicos envolvidos e a comunidade em geral já estão familiarizados com as atividades. A partir dessas ações, esses departamentos podem introduzir diretrizes específicas sobre adaptação e estabelecer uma visão comum do problema nas diferentes áreas da administração pública. Posteriormente, numa segunda fase, planos de maior alcance para cada área de governo podem ser desenvolvidos com metas e objetivos claros que possibilitem o acompanhamento e a avaliação dos resultados alcançados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa sobre cidades e mudança climática já tem mais de uma década. Ao longo desses anos, essa produção intelectual teve como foco as políticas de mitigação e a investigação sobre cidades e as medidas de adaptação ainda estão em um estágio inicial. Apesar de o nível local ser sugerido como a escala adequada para implementação de estratégias de adaptação, o desenvolvimento desses planos ainda é recente e apenas está presente em poucas cidades de acordo com o levantamento elaborado neste trabalho. Pesquisas sobre essas estratégias e suas estruturas de governança ainda são limitadas, como se pode averiguar.

A análise de várias respostas locais ao problema em termos de políticas públicas e estratégias de adaptação mostrou que elas podem variar consideravelmente entre diferentes contextos e vários fatores aparecem como importantes para apoiar sua implementação. Contudo, o que efetivamente facilita ou impede o processo de adaptação e a capacidade adaptativa desses lugares é claramente dependente do contexto onde essas ações estão inseridas.

Os impactos das mudanças climáticas colocam-se como uma ameaça a um grande contingente populacional que vive em áreas vulneráveis de centros urbanos, estando exposto a vários riscos. A escala destes riscos é, em grande parte, influenciada pela qualidade da infra-estrutura urbana e pelas estruturas de governança que planejam, coordenam, gerenciam e implementam

políticas e serviços públicos. Esse artigo explorou os fatores que apóiam cidades a implementar ações na direção de adaptação e discutiu os riscos e vulnerabilidades associados à mudanças climática.

A análise desses fatores foi realizada através de um marco que possibilitou analisar as relações entre governança urbana e processos de adaptação de forma a reduzir vulnerabilidades e aumentar a resiliência das cidades. Essa abordagem mostrou-se robusta, porém existe a necessidade de um maior número de pesquisas para aumentar a compreensão de como estruturas de governança, processos de planejamento e medidas de desenvolvimento urbano, que levem em consideração a resiliência em relação à mudança climática, podem estar relacionadas para reduzir as várias formas de vulnerabilidades discutidas ao longo do artigo.

Apesar do número limitado de estudos de caso analisados, é possível extrair algumas lições que se sobrepõem ao marco utilizado. A capacidade de integrar redução de risco nos planos de desenvolvimento da cidade é influenciada pelo nível de percepção e entendimento dos riscos climáticos e pela liderança política no processo. Acesso aos vários tipos de recursos também aparece como importante nas cidades que apresentam relativa autonomia fiscal. Indicadores de boa governança, instituições democráticas e participativas, além de planos nacionais para apoiar iniciativas locais de adaptação aparecem como fatores que fortalecem a capacidade institucional e política para implementação de ações locais.

Até agora, mitigação tem recebido mais atenção e recursos dos governos locais por conta de estímulos institucionais diversos e uma percepção positiva dos benefícios associados nos diferentes níveis e esferas de governo. Agora se coloca como fundamental empreender ações concretas na direção da adaptação dado que as mudanças climáticas aparecem crescentemente como inevitáveis ao deste século e seus efeitos deverão ser sentidos nos diferentes centros urbanos espalhados pelo mundo.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece o apoio recebido da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Fundação de Amparo à

Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio recebido, bem como a hospitalidade do *Department of Environmental Policy Analysis (EPA)* do *Institute for Environmental Studies (IVM)*, *Vrije Universiteit Amsterdam (VU)*, Holanda, onde parte desse estudo foi realizado. Também agradece aos comentários recebidos dos professores Leila da Costa Ferreira (IFCH/NEPAM/UNICAMP) e Frank Biermann (IVM/VU), assim como de um revisor anônimo, que ajudaram a melhorar o trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adger, W.N. 2005. Scales of Governance and Environmental Justice for Adaptation and Mitigation of Climate Change. *Journal of International Development*, v.13, n.7, p.921-931.

Alber, G.; Kern, K. 2008. Governing Climate Change in Cities: Modes of Urban Climate Governance in Multi-level Systems. OECD International Conference, "Competitive Cities and Climate Change", 2nd Annual Meeting of the OECD Roundtable Strategy for Urban Development, 9-10 October, Milan.

Betsill, M.M.; Bulkeley, H. 2007. Looking Back and Thinking Ahead: A Decade of Cities and Climate Change Research. *Local Governments*, v.12, n.5, p.447-456.

Bulkeley, H.; Betsill, M.M. 2003. *Cities and Climate Change: Urban Sustainability and Global Environmental Governance*. Ed. Routledge, Londres, 1^a ed.

Bulkeley, H.; Schroeder, H.; Janda, K.; Zhao, J.; Armstrong, A.; Chu, S.Y.; Ghosh, S. 2009. *Cities and Climate Change: The role of institutions, governance and urban planning*. World Bank Urban Research Symposium, Marseille, France.

Carmin, J.; Roberts, D.; Anguelovski, I. 2009. *Planning Climate Resilient Cities: Early Lessons from Early Adapters*. World Bank Urban Research Symposium, Marseille, France.

Cash, D.; Moser, S.C. 2000. Linking global and local scales: designing dynamic assessment and management processes. *Global Environmental Change*, v.10, p.109-120.

Dawson, R. 2007. Re-engineering Cities: A Framework for Adaptation to Global Change. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, v.365, p.3085-3098.

De Sherbinin, A.; Schiller, A.; Pulsipher, A. 2007. The vulnerability of global cities to climate hazards. *Environment and Urbanization*, v.19, n.1, p.39-64.

Ferreira, L.C. 2001. Políticas Locais e Mudanças Ambientais Globais. *Ambiente & Educação*, v.5/6, p.39-45.

- Hardoy, J.; Pandiella, G. 2009. Urban poverty and vulnerability to climate change in Latin America. *Environment and Urbanization*, v.21, n.1, p.203-224.
- Keskitalo, E.C.H.; Kulyasova, A.A. 2009. The role of governance in community adaptation to climate change. *Polar Research*, v.28, p.60-70.
- Lankao, P.R. 2007. Are we missing the point? Particularities of urbanization, sustainability and carbon emissions in Latin American cities. *Environment and Urbanization*, v.19, p.159-175.
- Liverman, D. 1990. Vulnerability to global environmental change. In: *Understanding Global Environmental Change: The Contributions of Risks Analysis and Management*. Kaspersen, R.E.; Dow, K.; Golding, D. (Eds). Clark University, Massachusetts.
- Martins, R.D.A.; Ferreira, L.C. 2009. Assessing the Research on the Human Dimensions of Global Environmental Change in Latin America. *Teoria & Pesquisa*, v. 18, n. 2, p. 31-52.
- Martins, R.D.A.; Ferreira, L.C. 2010. The research on human dimensions of global environmental change in Latin America: looking back, moving forward. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, v. 2, n. 3, p. 264-280.
- Matthew, H.D.; Caldeira, K. 2008. Stabilizing climate requires near-zero emissions. *Geophysical Research Letters*, 35:L04705. doi:10.1029/2007GL032388.
- Nelson, D.R.; Adger, W.N.; Brown, K. 2007. Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework. *Annual Review of Environment and Resources*, v.32, p.395-419.
- Parnell, S.; Simon, D.; Vogel, C. 2007. Global environmental change: conceptualising the growing challenge for cities in poor countries. *Area*, v.39, n.3, p.357-369.
- Parry, M.L.; Palutikof, J.; Hanson, C.E.; Lowe, J. 2008. Squaring up to reality. *Nature Reports Climate Change*, v. 2, p. 68-70.
- Parry, M.L.; Canziani, O.F.; Palutikof, J.P.; van der Linden, P.J.; Hanson, C.E. (Eds) 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the International Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, 976 p.
- Puppim de Oliveira, J.A. 2009. The implementation of climate change related policies at the subnational level: an analysis of three countries. *Habitat International*, v.33, p.253-259.
- Satterthwaite, D. 2008. *Climate Change and Urbanization: Effects and Implications for Urban Governance*. United Nations Expert Group Meeting on Population Distribution, Urbanization, Internal Migration and Development, UN/POP/EGM-URB/2008/16, New York.
- Satterthwaite, D.; Huq, S.; Pelling, M.; Reid, H.; Lankao, P.R. 2007. *Adapting to Climate Change in Urban Areas: The possibilities and constraints in low- and middle-income nations*. Discussion Paper N.1, International Institute for Environment and Development (IIED), Londres.
- Smit, B.; Burton, I.; Klein, R.J.T.; Street, R. 1999. *The Science of Adaptation: a framework for assessment*. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, v.4, n.3-4, p.199-213.
- Storbjörk, S. 2007. *Governing Climate Adaptation in the Local Arena: Challenges of Risk Management and Planning in Sweden*. *Local Environment*, v.12, n.5, p.457-469.
- Tanner, T.M.; Mitchell, T.; Polack, E.; Guenther, B. 2009. *Urban Governance for Adaptation: Assessing Climate Change Resilience in Ten Asian Cities*. Working Paper 315, Institute for Development Studies (IDS), Brighton.
- Wilbanks, T.; Kates, R.W. 1999. *Global Change in Local Places: How Scales Matters*. *Climatic Change*, v.43, p.601-628.
- Wilbanks, T.; Lankao, P.R.; Bao, M.; Berkhout, F.; Cairncross, S.; Ceron, J.-P.; Kapshe, M. Muir-Wood, R.; Zapata-Marti, R. 2007. *Industry, Settlements and Society*. In: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the International Panel on Climate Change*. Parry, M.L.; Canziani, O.F.; Palutikof, J.P.; van der Linden, P.J.; Hanson, C.E. (Eds). Cambridge University Press, Cambridge.

IDENTIFICAÇÃO DE SUMIDOUROS ESPONTÂNEOS DE CARBONO DO MUNICÍPIO DE PIQUETE-SP

IDENTIFICATION THE SPONTANEOUS SINKS OF CARBON IN THE CITY OF PIQUETE-SP

Thiago Batista dos Santos

Graduando em Geografia da Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP e aluno de Iniciação Científica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/CPTEC/DSA

batista@dsr.inpe.br

Dalton de Morisson Valeriano

Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/OBT/DSR

dalton@dsr.inpe.br

René Antônio Novaes Júnior

Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/OBT/DSR

rene@dsr.inpe.br

RESUMO

O objetivo deste artigo foi identificar os fragmentos de vegetação nativa em processo de regeneração espontânea do município de Piquete, São Paulo, Brasil, no período 1991-2008. Tais fragmentos desempenham papel de sumidouros naturais de carbono atmosférico. Para tanto, foram utilizados dados orbitais e softwares de geoprocessamento distribuídos gratuitamente. Os sumidouros espontâneos de carbono foram identificados a partir da elaboração de dois mapas de cobertura da terra. No período de 17 anos foram detectados 1.377 hectares de vegetação regenerada. A taxa de desmatamento nesse intervalo de tempo foi de 340 hectares. No balanço entre o desmatamento e a regeneração obteve-se um saldo positivo, o incremento da cobertura vegetal nativa em Piquete/SP correspondeu a 13,32%, em relação ao ano de 1991. Os sumidouros espontâneos de carbono representaram 949 hectares do território municipal.

Palavras-chave: Sequestro de carbono, cobertura florestal, MDL florestal.

ABSTRACT

The objective of the present article was to identify the fragments of native vegetation in the process of spontaneous regeneration of the city of Piquete, São Paulo, Brazil, 1991-2008. Such fragments play the role of natural sinks for atmospheric carbon. For this, we used satellite data and GIS software distributed freely. The spontaneous carbon sinks were identified from the preparation of two maps of land cover. In the period of 17 years were detected 1,377 hectares of vegetation regenerated. The deforestation rate in the interval was 340 hectares. The balance between deforestation and regeneration obtained a positive balance, increased vegetation cover in Piquete / SP corresponded to 13.32% compared to 1991. The spontaneous carbon sinks represented 949 hectares of land in the city.

Keywords: Carbon Sequestration, forest cover, The Clean Development Mechanism (CDM) Forestry.

1. INTRODUÇÃO

Com o Protocolo de Quioto foram estabelecidas metas quantitativas de limitação e redução de gases de efeito estufa (GEE) nacionais para os países do Anexo I da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima. A redução média global das taxas de GEE é de 5% abaixo das emissões totais de 1990 (Tecnologia, 1997). Cada país signatário do Protocolo teve suas emissões inventariadas e metas de redução estabelecidas. Cabe a cada um deles desenvolver técnicas para a redução de suas emissões. O primeiro período para que as taxas sejam efetivamente reduzidas é de 2008 a 2012.

Uma característica inovadora desse acordo é a possibilidade das reduções serem feitas em diferentes países ou com diferentes projetos. Isso é possível por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que é uma ferramenta de flexibilização baseada nas disposições do artigo 12 do Protocolo de Quioto. Por meio do MDL, os países do Anexo I podem executar projetos de redução de GEE em países em desenvolvimento e obter reduções certificadas de emissões (RCEs). Vale salientar que as reduções de GEE não são somente feitas pela diminuição das emissões geradas pela atividade antrópica, mas também pelo sequestro de carbono por sumidouros. Ou seja, os países em desenvolvimento podem comercializar o carbono por eles retirados da atmosfera ou a quantidade de gases de efeito estufa que ele deixou de emitir. A taxa de redução ou de retirada de gases de efeito estufa é transformada em reduções certificadas de emissões - RCEs, que são medidas em toneladas, e popularmente conhecidas como “crédito de carbono”.

Existem várias maneiras de reduzir a quantidade de gases de efeito estufa lançados na atmosfera. As principais são atividades que promovam o desenvolvimento de tecnologias “limpas”, tais como produção de carros mais eficientes, de eletrodomésticos que consumam menos energia, de energias renováveis (eólica, hidrelétrica, solar...), entre outras. O Brasil possui várias tecnologias para redução de emissão de GEE; são consideradas como exemplos: o biodiesel, o etanol, a produção de energia elétrica a partir do metano capturado em aterros sanitários e por pequenas

centrais hidrelétricas (Estratégicos, 2008).

Outro potencial processo de redução de GEE e pouco estimulado no país é o sequestro de carbono por sumidouros naturais. Os sumidouros naturais são constituídos por vegetação nativa em crescimento em áreas que não possuam florestas nos últimos 50 anos ou em áreas de florestas que foram convertidas em pastagens ou submetidas à agricultura.

Buckeridge e Aidar (2002) salientam que a vida vegetal é simplesmente o mecanismo mais eficiente e disponível para o sequestro de dióxido de carbono da atmosfera. Durante o crescimento das florestas, cada árvore, arbusto, cipó ou vegetação rasteira capturam carbono da atmosfera. No decorrer desse crescimento, a vegetação sequestra taxas de carbono maiores do que elas lançam na atmosfera com o processo de respiração. O sequestro de carbono dá-se por meio da fotossíntese. A fotossíntese envolve processos que ocorrem na presença de luz (fotoquímicos), processos que não necessitam de luz (enzimáticos) e processos de difusão, que provocam troca de dióxido de carbono e oxigênio entre os cloroplastos e o ar exterior (Larcher, 1986)

A taxa global de sequestro de carbono por sumidouros florestais prevista é de 1,59 Gt C ano⁻¹, sendo que 49 % desse valor se encontram em florestas tropicais, 11% em florestas temperadas e 40% em florestas boreais (Malhi et al, 1999). De maneira que os estoques de carbono estão concentrados na biomassa acima e abaixo do solo, na serapilheira, na madeira morta e no solo (Estratégicos, 2008).

Nos últimos anos, tem-se observado na região do Vale do Paraíba áreas de regeneração espontânea de florestas nativas em locais de pastagens, que, no século XIX, eram fazendas produtoras de café. O Vale do Paraíba tem demonstrado vocação para sequestrar carbono da atmosfera. Nessa região, o sequestro é feito por meio do crescimento natural de florestas nativas. Os pequenos proprietários rurais já possuem em suas terras fragmentos de vegetação nativa em processo de regeneração espontânea. Esses proprietários valeparaibanos tiram seu sustento da incipiente economia rural. Sendo assim, o mercado de carbono revela-se como uma nova alternativa para essas comunidades.

Para que esses pequenos proprietários possam ser gratificados pelo serviço ambiental que prestam à

sociedade é preciso instrumentá-los, colocando-lhes à disposição tecnologias e produtos que comprovem sua efetiva prestação de serviços à comunidade. A primeira questão que deve ser estudada mais a fundo é a dinâmica de cobertura da terra nos últimos anos. Esse estudo é extremamente viável devido à disponibilidade de dados de sensoriamento remoto. Já está disponível, gratuitamente, via internet, uma série histórica de dados orbitais com mais de 30 anos de informações de toda a América do Sul. São infinitas as possibilidades, recursos e dados existentes. O INPE disponibiliza várias imagens de satélites distintos e com várias resoluções; inclusive imagens de alta resolução espacial.

O objetivo deste trabalho é identificar os fragmentos de vegetação nativa em processo de regeneração espontânea do município de Piquete/SP, no período 1991-2008. Tais fragmentos florestais têm contribuído com o acúmulo de biomassa e o conseqüente aumento do estoque de carbono.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

Foi escolhida para este trabalho, como área piloto, o município de Piquete, localizado a noroeste do Médio Vale do Paraíba.

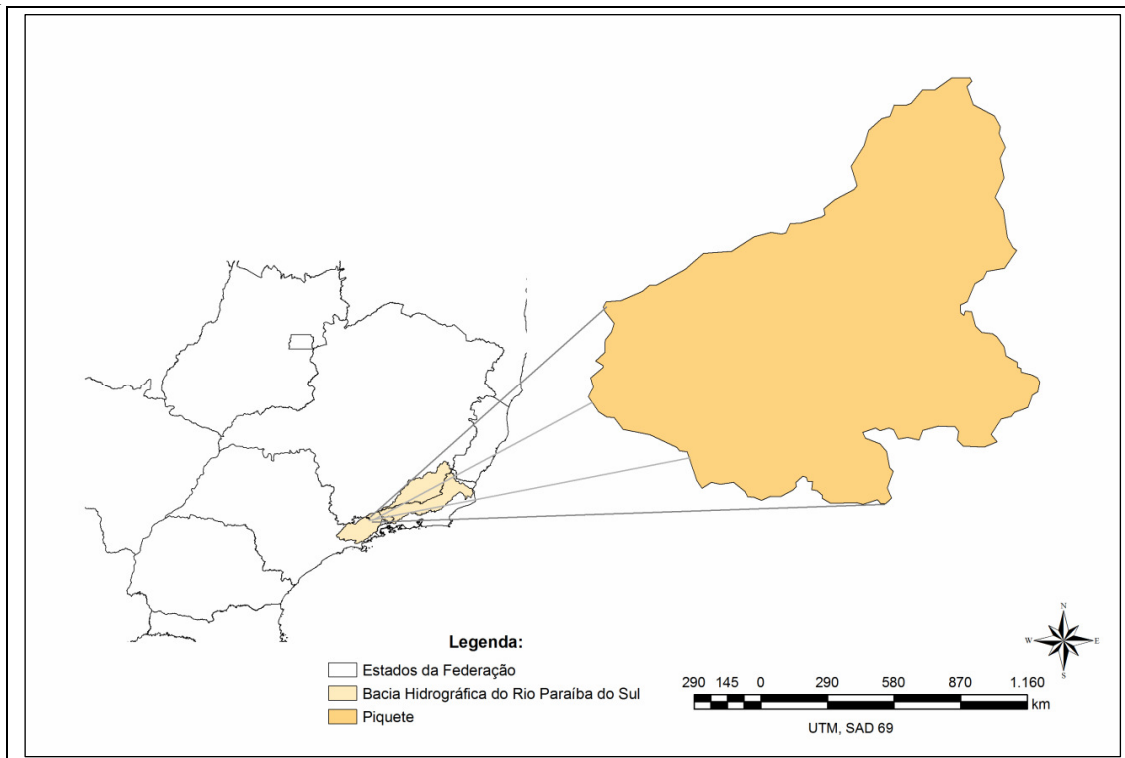


Figura 1 - Localização da área de estudo.

Com 176 Km², seu território está inserido no conjunto paisagístico da Serra da Mantiqueira, uma das poucas regiões do país cujo relevo acidentado, de colinoso a montanhoso, tem elevações superiores a 2.000 metros de altitude. As feições do relevo local junto ao gradiente térmico e hidrológico resultante da altitude propiciam uma grande diversidade de formações vegetais que, em curtas distâncias, passam dos ecossistemas florestais aos ecossistemas rupestres, às vezes, gradativamente; outras, abruptamente (Olmos e Alvarenga, 2002). O município possui fragmentos de

Mata Atlântica, cerca de 32% de sua área territorial estão cobertos por vegetação nativa (SOS, 2005).

O processo de uso e ocupação da terra de Piquete teve início na segunda metade do século XVIII, com a abertura de um caminho ligando a Freguesia de Nossa da Piedade, atual município de Lorena-SP, às minas de ouro de Itajubá, atual município de Delfim Moreira-MG, no alto da Mantiqueira (Chaves A., 1997). As terras cortadas por esse caminho foram sendo povoadas, dando origem a Piquete. A vegetação atlântica foi sendo,

paulatinamente, substituída por roças de subsistência, e no início do século XIX, pela monocultura do café, que se expandiu por todo o município. Somente as áreas com altitudes superiores a 900 metros não foram devastadas. Com o declínio da cafeicultura, os antigos cafezais foram substituídos por pastagens, para a criação de gado leiteiro. Atualmente, essas áreas são usadas por pequenos produtores rurais. A produção leiteira é pequena quando comparada com as

produções de décadas anteriores. O baixo preço do leite e a falta de mão de obra provocam o abandono dos pastos, permitindo a regeneração da vegetação nativa. Segue abaixo duas fotografias da região da antiga Fazenda da Limeira, que possuía plantações de café até o início do século XX e que atualmente tem cobertura vegetal nativa em estágio avançado de regeneração.

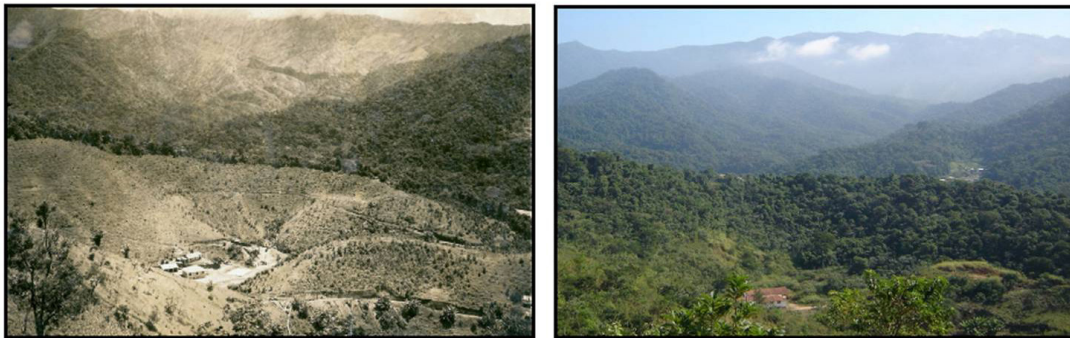


Figura 2 - Fazenda da Limeira em Piquete-SP. A foto da esquerda foi tirada na década de 1940, a da direita em 2009.

2.2. Imagens, Software e Equipamentos Utilizados

Foram adquiridas, gratuitamente, as imagens:

1. TM/Landsat 5 - Bandas 3, 4 e 5 do dia 29 de agosto de 1991. Resolução Espacial de 30 metros;
2. TM/Landsat 5 - Bandas 3, 4 e 5 do dia 12 de setembro de 2008. Resolução Espacial de 30 metros;
3. Landsat Geocover - Composição Colorida - Georreferenciada. Com Resolução Espacial de 15 metros;
4. Software SPRING 4.33;
5. GPS de navegação Garmin;
6. Máquina Fotográfica;
7. Cartas Topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo.

As duas primeiras imagens foram cedidas pelo INPE, via internet, disponível em seu catálogo eletrônico, no endereço: <dgi.inpe.br/CDSR/>. A imagem Landsat Geocover pertence à NASA, que também disponibiliza, via internet, imagens georreferenciadas de todos os continentes, uma ótima

referência para a correção geométrica de imagens Landsat, disponível em: <zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>. O Software Spring 4.33 também foi adquirido, via internet, a partir do site: <dpi.inpe.br/spring/>.

2.3. Definição de Classes de Cobertura da Terra

A meta do Protocolo de Quioto é que as taxas de GEE na atmosfera sejam inferiores a 5% das taxas emitidas em 1990. Diante desse cenário, os sumidouros de carbono identificados por este trabalho são áreas que não continham florestas, em 31 de dezembro de 1989, e que eram usadas predominantemente pela pecuária, e que, em 2008, apresentaram vegetações nativas com patamares de floresta. Neste artigo, foi utilizada a definição de floresta do MDL, ou seja, áreas com árvores de dois a 5 metros ou mais de altura, com copas cobrindo, no mínimo, de 10 a 30% do terreno ocupados por elas, numa área mínima de 1 hectare. Porém, as áreas de reflorestamento com espécies exóticas (Pinus e Eucaliptus) não foram consideradas sumidouros, pois os dados oficiais do destino desses plantios (produção de papel, uso em fogões a lenha, etc) não estão disponíveis. Processos esses que podem devolver para

a atmosfera o carbono sequestrado durante o crescimento dessas vegetações.

Para concretizar o presente trabalho foram feitas análises espaço-temporais da cobertura vegetal do município de Piquete. Para tanto, foram elaborados dois mapas de cobertura da terra. A legenda dos mapas está em consonância com alguns parâmetros do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do IPCC e será composta pelas seguintes classes temáticas: *Vegetação Nativa*: Formações vegetais nativas que apresentam coberturas florestais com alturas superiores a 2 metros, distribuídas numa área mínima de 1 hectare ou mais e com dosséis cobrindo cerca de 10 a 30% dessa área; *Reflorestamento por espécies exótica*: Áreas com plantio de eucaliptos ou pinus; *Pastagens*: Áreas sem vegetação, utilizadas predominantemente pela pecuária; *Pasto Sujo*: Áreas com vegetação arbustiva, pastos abandonados ou sem manutenção; *Área Urbana*; *Mancha Urbana*; *Rocha*: *Material Cristalino da Serra da Mantiqueira*.

2.4. Análise de Imagens

Foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto para a confecção dos mapas. O primeiro passo foi adquirir imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, para uma data próxima a dezembro de 1989, e outra, para o ano de 2008. Não foi possível utilizar uma imagem para data próxima a 12/1989 devido à falta de imagem e presença de nebulosidade na área de estudo. Então, optou-se pela imagem coletada em agosto de 1991, mês de estiagem na região. Primeiramente, as imagens foram georreferenciadas em ambiente computacional, usando-se o software SPRING 4.33. Para cada imagem foram necessários 12 pontos de controle coletados na imagem Landsat fornecida pelo projeto Geocover da NASA, com erro médio quadrático inferior a 0,5 pixels. As imagens foram recortadas num quadrante que abrange os limites municipais, que foram digitalizados a partir das cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo - IGC.

Posteriormente, as imagens foram submetidas a processamentos, para atenuação dos efeitos atmosférico e topográfico.

2.4.1. Atenuação de Efeitos Atmosféricos

A radiação eletromagnética proveniente do sol ao interagir com a atmosfera terrestre pode sofrer absorção, espalhamento, refração ou ser refletida (Slater, Doyle, *et al.*, 1983). Os gases e materiais particulados em suspensão na atmosfera interferem diretamente na quantidade de energia solar que chega até a superfície terrestre e na quantidade que retorna ao sistema sensor.

A maior parte dos efeitos atmosféricos em imagens de satélite é causada pelo espalhamento (Chavez Jr., 1988). O problema do espalhamento atmosférico é que ele se torna um componente aditivo nas informações orbitais da mesma cena. Entretanto, tal efeito é mais perceptível nas imagens geradas na faixa do visível e do infravermelho próximo do espectro eletromagnético.

O espalhamento atmosférico interfere na análise dos resultados da aplicação de técnicas de processamento de imagens multiespectrais, tais como as de atenuação de efeitos topográficos. Como a área de estudo apresenta relevo muito acidentado, foi necessário fazer uso dessas técnicas e, conseqüentemente, aplicar as de atenuação de efeitos atmosféricos. Para tanto, foi utilizada a metodologia de subtração de objeto escuro das imagens para a atenuação do efeito de espalhamento atmosférico. (Chavez Jr., 1988).

Todas as imagens LANDSAT utilizadas neste trabalho foram submetidas ao processo de atenuação do efeito de espalhamento atmosférico. Os histogramas das imagens geradas na faixa do visível foram salvos em formato .txt e, posteriormente, inseridos em planilhas Excel. Após a análise dos histogramas, os níveis de cinza de objetos escuros foram ajustados e subtraídos de suas respectivas bandas. A subtração dos valores ajustados foi feita em ambiente SPRING por meio das ferramentas de operações aritméticas de imagens.

2.4.2. Atenuação de Efeitos de Iluminação

Em determinadas cenas de imagens multiespectrais é possível notar o aspecto acidentado e escarpado do relevo. Isso é possível graças ao efeito

topográfico. Esse efeito também é manifestado em imagens LANDSAT e é causado pela diferença de radiância espectral proveniente de vertentes diretamente voltadas para o sol, e as opostas a ele, e pelo seu grau de inclinação (Holben e Justice, 1981).

A influência dos efeitos de iluminação tem-se apresentado como um dos principais problemas na identificação e no mapeamento de florestas por técnicas de Sensoriamento Remoto, pois as variações da superfície dificultam a discriminação de espécies florestais, principalmente nas áreas sombreadas pelo relevo (Conese, Maracchi, *et al.*, 1988).

O relevo da área de estudo assume forma abrupta: num curto espaço territorial depara-se com altitudes superiores a 2000 metros, e, ao mesmo tempo, evidenciam-se altitudes próximas a 600 metros. A angulação da elevação solar aliada ao perfil topográfico favorece iluminações distintas para as vertentes dos relevos escarpados. Assim, um mesmo alvo em locais distintos na mesma cena poderá ter respostas espectrais diferentes (Holben e Justice, 1981).

Nesse contexto, as imagens LANDSAT foram submetidas a técnicas de atenuação do efeito topográfico. O método utilizado foi a razão entre bandas.

Para cada cena dos anos de análise foi calculada a razão entre as bandas 4 e 3 (R4/3). Vale salientar que todas as imagens utilizadas nesses processos tiveram os efeitos atmosféricos atenuados.

2.4.3. Classificação de Imagens Digitais

A classificação das imagens também foi feita no SPRING. A principal função da classificação digital de imagens é a detecção de padrões e objetos homogêneos na cena estudada (Santos, 2002). O classificador usado foi o Máxima Verossimilhança. Esse algoritmo, com base nas estatísticas de padrões pré-estabelecidos pelo intérprete, gera a função de probabilidade que melhor descreve a distribuição dos níveis de cinza dentro de cada classe temática (Pereira, 1996). Os conjuntos de imagens B3, B3/4 e B5 de 1991 e de 2008 foram utilizados na classificação. Os padrões iniciais foram definidos após identificação de amostras em visitas de campo. Foram feitas duas expedições, em que se utilizou um

aparelho GPS e máquina fotográfica para documentar os pontos amostrais.

3. Identificação dos Sumidouros Espontâneos de Carbono

As áreas que foram classificadas como “Pastagens” no mapa de cobertura da terra de 1991 satisfazem a primeira condição do MDL para projetos de reflorestamento. Uma vez que nesta data, essas áreas não possuíam florestas, elas são elegíveis a sumidouros espontâneos de carbono.

Para que, finalmente, fosse feita a identificação dos sumidouros espontâneos de carbono, foram utilizadas de técnicas de geoprocessamento para se gerar um mapa de cobertura da terra, para o ano de 2008. Os mapas de cobertura da terra de 1991 e 2008 foram sobrepostos e as áreas de intersecções foram subtraídas. Foi elaborado um novo mapa com as áreas de intersecção. Nesse momento foi feita a identificação dos sumidouros. Foram declaradas sumidouros as áreas classificadas como “Vegetação Nativa” em 2008, e que não possuíam cobertura vegetal nativa (classe: “Pastagens” ou “Exóticas”) em 1991.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Cobertura da Terra no ano de 1991

Nesse ano, o município possuía aproximadamente 8938 hectares de áreas destinadas à criação de gado e equinos soltos, ou seja, localidades cobertas por vegetação graminoide, com predominância da braquiária - *Brachiaria decumbens* (Figura 3). Esse tipo de cobertura da terra representou 50.5% do território municipal.

Devido à época de geração da imagem, mês de estiagem, foi possível identificar áreas com resquícios de queimadas. Nessa data, 599 hectares (3.4%) do território municipal haviam sido queimados dias antes do imageamento da região. Não foi possível identificar se as áreas queimadas eram pastagens ou fragmentos de vegetação nativa por meio da imagem de 1991. Embora a prática de queimadas seja proibida pela legislação federal, é costume, na região, atear fogo nos pastos para se impedir a proliferação de

carrapatos. Outro fator determinante é que a grande maioria dos pequenos proprietários rurais considera o fogo como a maneira mais barata e rápida de renovar o pasto.

A vegetação nativa, ou seja, floresta secundária, capoeira em estágio avançado ou primário de regeneração, ocupava 7772 hectares (44%) da área

do município (Figura 3). Uma pequena parcela da área de estudo – 265 hectares (1,5%) - foi representada pela mancha urbana. O restante da área era ocupado por vegetações exóticas e pastagens sujas, o que correspondia a 710 hectares (4% da área total).

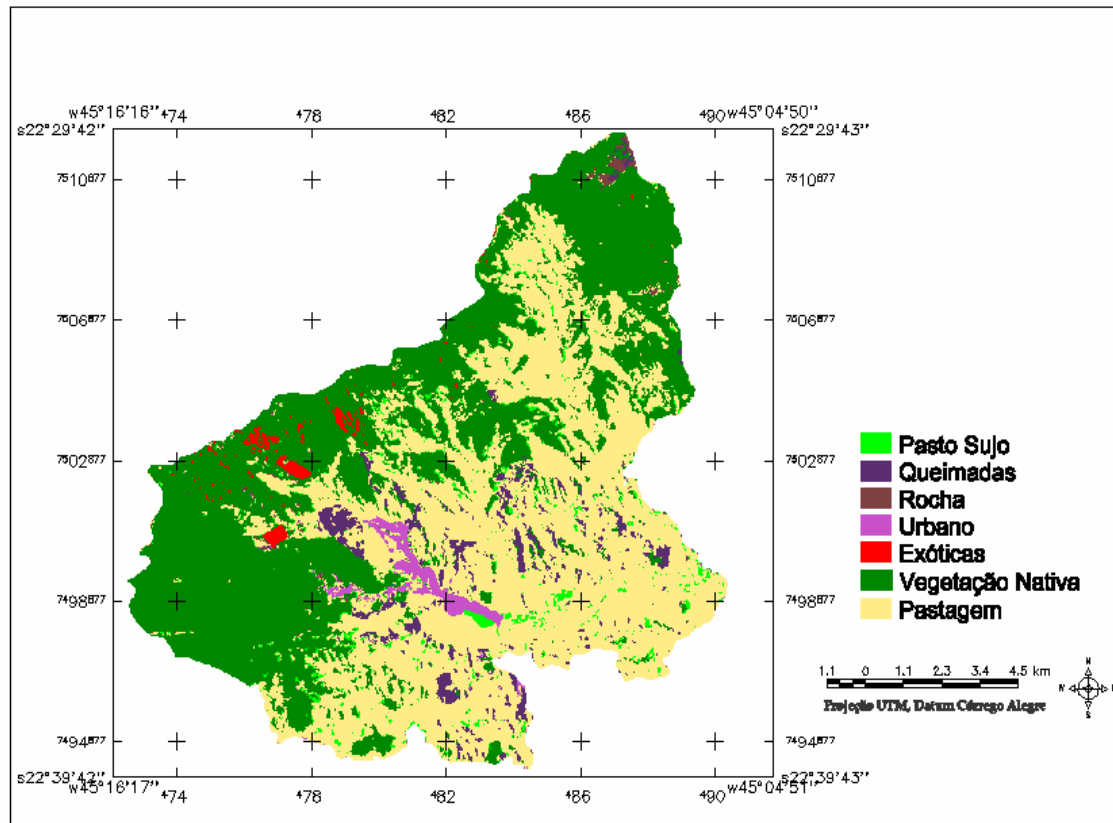


Figura 3 - Mapa de Cobertura da Terra do Município de Piquete-SP, em 1991.

As pastagens sujas não se enquadraram na categoria pastagens, pois apresentam vegetação arbustiva com grande potencial de desenvolvimento e de possível enriquecimento com diversas espécies nativas devido à dispersão de sementes por pássaros. Ressalte-se que os sumidouros de carbono considerados neste artigo surgiram em áreas que eram pasto limpo, em 1991.

4.2. Evolução da Vegetação Nativa

Observou-se que houve considerável aumento da área de vegetação nativa no município, no ano de 2008 (Figura 4), em relação a 1991. Foram detectados 1377 hectares de vegetação regenerada. Isto

corresponderia a um incremento de 17.7% de cobertura vegetal nativa em relação ao ano de 1991, no município. Essa vegetação está distribuída esparsamente, fragmentada, por todo o território municipal.

Embora tenha havido regeneração de vegetação nativa, também foi registrado degradação e desmatamento de fragmentos, de forma generalizada, no município. A taxa de desmatamento foi de 4.38%, o que corresponde a, aproximadamente, 340 hectares. Portanto, no balanço entre o desmatamento e a regeneração temos um salto positivo: em 17 anos foram incrementados 13.32% de vegetação nativa no município. É importante destacar que não se fez distinção de fisionomias vegetais, ou seja, a vegetação

capoeira em estágio avançado de regeneração, em estágio primário, e as matas primárias e secundárias foram inseridas em uma única classe temática.

A taxa de regeneração só não foi maior devido a seis fatores principais, a saber: intensos processos

erosivos, desmoronamentos, queimadas, extração ilegal de madeira, pressão biológica (braquiária) e a falta de organização da comunidade local.

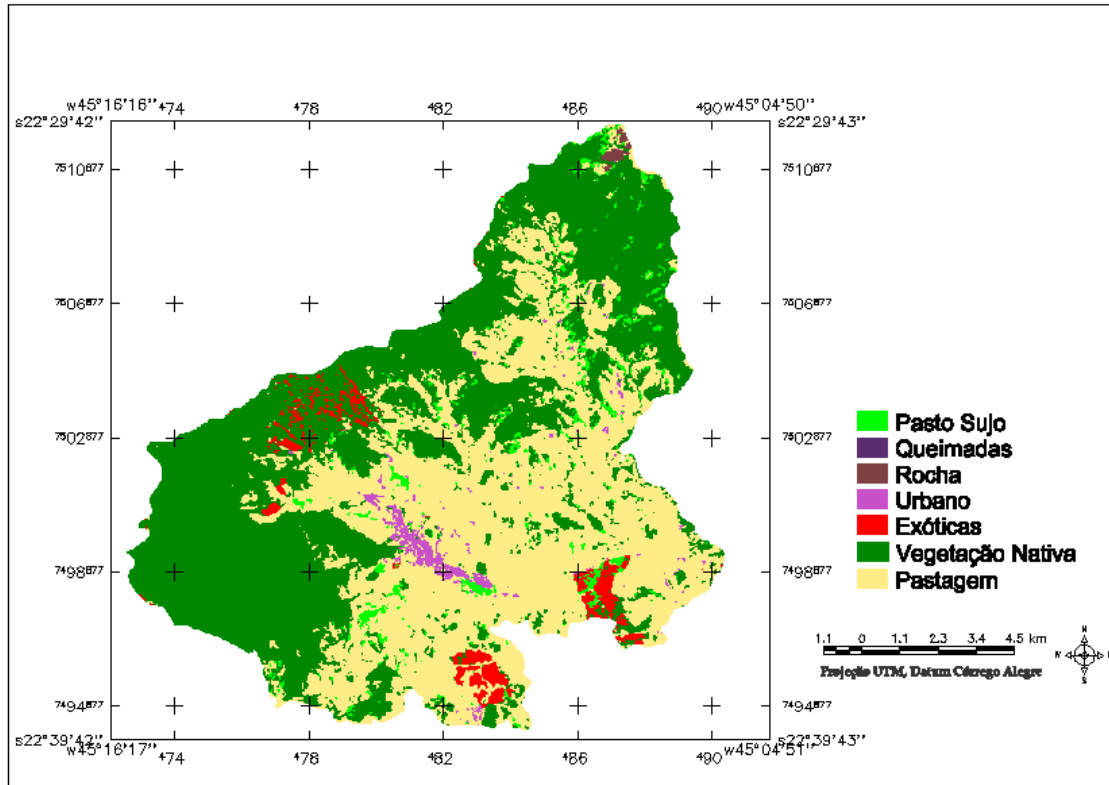


Figura 4 - Mapa de Cobertura da Terra do Município de Piquete-SP, em 2008.

4.3. Sumidouros Espontâneos de Carbono

Somente 949 hectares (69%) dos 1377 hectares da vegetação nativa regenerada nos últimos 17 anos foram considerados sumidouros espontâneos de carbono (Figura 5). As áreas de vegetação natural com tamanho menor do que um hectare foram descartadas, pois estão em desacordo com as normas do MDL florestal. Notou-se, ainda, que dois sumidouros, com um total de área de 11.5 hectares, 1.2% dos sumidouros, surgiram em áreas em que, em 1991, havia resquícios de queimadas. Somente pelo uso da imagem de 1991 não foi possível saber se essas áreas continham vegetação nativa ou pastagens antes da queima acontecer.

Esses sumidouros foram considerados espontâneos, pois não foi elaborado um plano para o plantio. As áreas somente foram isoladas e tiveram o gado retirado. Os dispersores de sementes, aliados ao calor e à umidade favoráveis, devem ter sido os principais agentes responsáveis pelo repovoamento da vegetação nativa.

A ideia de que os sumidouros do município podem gerar créditos de carbono é totalmente válida, pois a regeneração somente ocorreu em locais que não foram queimados ou roçados, e tiveram o gado vacum e o equino retirados. Portanto, houve intervenção humana. A proposta é totalmente justificável, pois satisfaz quase todas as normas do artigo 12 do Protocolo de Quioto.

Apesar de ter havido a intervenção antrópica no processo de regeneração, até o presente momento as áreas de vegetação nativa com surgimento espontâneo não são contempladas em âmbito do MDL.

Uma constatação preocupante é que, durante uma visita de campo, encontraram-se alguns sumidouros que estão correndo risco de serem derrubados, em função da expansão de áreas de pastagem. Parte das áreas está sendo vendida e algumas cabeças de gado estão sendo inseridas novamente nesses terrenos. Ao redor de um dos sumidouros havia sinais de roçado recente e corte de arbustos e de troncos com diâmetro superior a 5 cm e com 1 metro e meio de altura. Áreas de “pastos sujos”, que futuramente poderiam formar novos sumidouros, estão sendo impedidas de desenvolvimento. Além disso, existe o risco iminente

de ser ateado fogo na pastagem ao redor dos sumidouros e danificá-los.

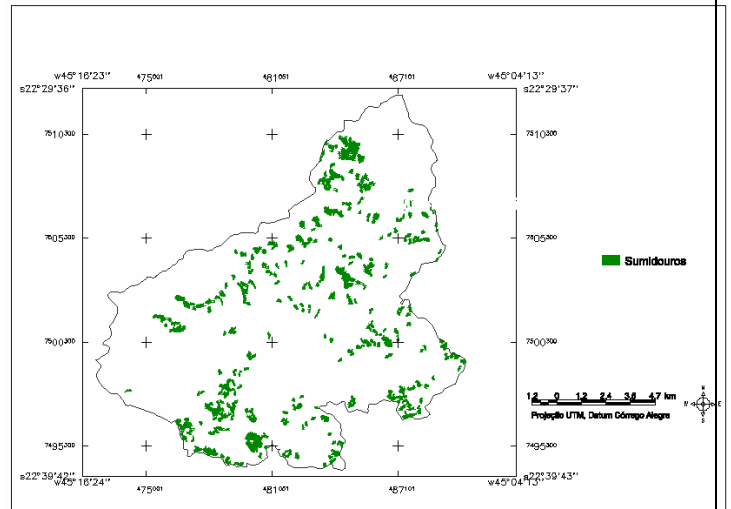


Figura 5 - Mapa dos Sumidouros Espontâneos de Carbono do Município de Piquete-SP.

4.4. Expansão das áreas de Sumidouros de Carbono no Município

Muitos dos sumidouros identificados nesse trabalho poderão ter suas áreas expandidas e enriquecidas com espécies nativas da região.

Atualmente, existem órgãos e entidades dos governos estadual e federal que disponibilizam recursos financeiros e materiais para a recuperação da vegetação nativa. Os proprietários rurais também poderão recorrer à Fundação Christiano Rosa, de Piquete-SP, entidade de direito privado, sem fins lucrativos, que há mais de dez anos vem desenvolvendo trabalhos sociais e de recuperação ambiental em âmbito local e regional.

Diante os resultados obtidos na identificação dos fragmentos de vegetação nativa ficou evidente que, com o simples cercamento e a retirada do gado a regeneração ocorre naturalmente, pois existem bons fragmentos de Mata Atlântica e animais dispersores de sementes no município.

Áreas em regeneração espontânea também têm sido observadas na região sudoeste do Estado de São Paulo. Durigan e Ratter (2006) chamam a atenção para a rápida mudança na sucessão natural das áreas de vegetação remanescente do Cerrado. Já Pinheiro e Durigan (2009) demonstram a evolução estrutural de fitofisionomias do Cerrado na Estação Ecológica de Assis, destaca ainda, que essas áreas fixam carbono atmosférico contribuindo para a

mitigação do aumento antrópico do efeito estufa.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho identificou os fragmentos de vegetação nativa em processo de regeneração espontânea no município de Piquete/SP, no período 1991-2008. Em 17 anos houve um considerável aumento no acúmulo de biomassa.

Durante o desenvolvimento desses fragmentos taxas de carbono atmosférico estão sendo fixadas. Para se conhecer o papel desempenhado por essas vegetações na redução da emissão dos GEE do município, será necessário inventariar as espécies arbóreas e calcular suas biomassas, para que, posteriormente, se possam quantificar as taxas de carbono sequestradas.

Em continuidade a este trabalho serão feitos novos mapeamentos com dados referentes a 2008, com maior precisão, utilizando-se de imagens de alta resolução do Satélite CBERS fornecidas gratuitamente pelo INPE. Também deverá ser feito um mapeamento com dados de 2000, a fim de demonstrar que a vegetação nativa não possuía patamares de floresta nesta data. O intuito desses esforços é o de instrumentalizar os pequenos proprietários rurais para que possam ter acesso ao mercado de carbono e agregar valor às suas propriedades.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Buckeridge, M.S; Aidar, M.P.M. 2002. Carbon Sequestration in the Rain Forest: Alternatives Using Environmentally Friendly Biotechnology. *Revista Biotaneotropica*, v2 n.1. disponível em: <biotaneotropica.org.br/v2n1/pt/abstract?point-of-view+BN00902012002> Acesso em 01 de maio de 2009
- Chaves, A.C.M. 1997. 15 de junho. O ESTAFETA, Fundação Christiano Rosa, Piquete-SP, 8p.
- Chaves Jr., P. S. 1988. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment*, v.24, n.2, p. 459-479.
- Conese, C.; Maracchi, G.; Miglieta, F.; Maselli, F. 1988. Forest classification by principal component analyses of TM data. *International Journal of Remote Sensing*, v.9, n.10 e 11, p. 1597-1612.
- Durigan, G. e Ratter, J.A. 2006. Successional changes in cerrado and cerrado/forest ecotonal vegetation in western São Paulo State, Brazil, 1962-2000. *Edinburgh Journal of Botany* 63:119-130.
- Estratégicos, C.G. 2008. Manual de Capacitação sobre Mudança do Clima e Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) - Brasília, DF.
- Holben, B.; Justice, C. 1981. An examination of spectral band ratioing to reduce the topographic effect on remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, v.2, n.2, p. 115-133.
- Larcher, W. 1986. *Ecofisiologia Vegetal*. 4ª. ed. São Paulo: Pedagógica e Universitária LTDA.
- Malhi, Y., D.D. Baldochi e P. G. Jarvis, 1999. "The carbon balance of tropical, temperate and boreal forests." *Plant, Cell and Environment*, 22: 715-740.
- Olmos, F.; Alvarenga, H. 2002. Mata da Indústria de Material Bélico do Brasil – IMBEL – Piquete-SP: Avaliação de seu Potencial para Conservação da Biodiversidade. In Minuta de Programa de Conservação e Recuperação de Fragmentos Florestais na Serra da Mantiqueira, no Estado de São Paulo. in arquivo Fundação Christiano Rosa, Piquete.
- Pereira, J. L. G. 1996. Estudo de áreas de florestas em regeneração através de imagens Landsat TM. 1996. 156 p. (INPE-5987-TDI/578). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Jose dos Campos. Disponível em: <urlib.net/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.20.06.46>. Acesso em: 15 de maio de 2009.
- Pinheiro, E.S.; Durigan, G. 2009. Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do Cerrado no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 32, p. 441-454.
- Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 2005. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica. Disponível em: < mapas.sosma.org.br/>
- Santos, J. S. A. M. 2002. Análise da paisagem de um corredor ecológico na Serra da Mantiqueira. 2002. 146 p. (INPE-9553-TDI/829). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- Slater, P. N. Doyle, F.J.; Fritz, N.L.; Welch, R. 1983. Photographic systems for remote sensing. In: COWELL, R. N. Manual of remote sensing. 2ª. ed. Fall Church: ASP, v. I, 1983. Cap. 6, p. 231-291.
- Tecnologia, Ministério da Ciência e. 1997. Protocolo de Quioto. Disponível em: < mct.gov.br/upd_blob/0012/12425.pdf>, acessado em 15 de maio de 2009.



ESTUDO DE NEUTRALIZAÇÃO DOS GASES DE EFEITO ESTUFA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS - REITORIA E CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS: UMA FORMA DE MITIGAÇÃO AMBIENTAL

STUDY OF GREENHOUSE GASES OFFSETS OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF TOCANTINS STATE, BRAZIL – ACADEMIC SENATE AND CAMPUS OF THE UNIVERSITY OF PALMAS: A WAY OF ENVIRONMENTAL MITIGATION

Diego Robson Rocha dos Santos

Graduando do Curso de Engenharia Ambiental - Universidade Federal do Tocantins (UFT)
diegorobson_uft@yahoo.com.br

Aurélio Pessôa Picanço

Professor Adjunto IV do curso de Engenharia Ambiental - Universidade Federal do Tocantins (UFT)
aureliopicanco@uft.edu.br

Girlene Figueiredo Maciel

Professor Assistente IV do curso de Engenharia Ambiental – Universidade Federal do Tocantins (UFT)
maciel@uft.edu.br

Juan Carlos Valdés Serra

Professor Adjunto IV do curso de Engenharia Ambiental - Universidade Federal do Tocantins (UFT)
juancs@uft.edu.br

RESUMO

O principal objetivo deste trabalho foi elaborar um inventário das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) da Universidade Federal do Tocantins provenientes das fontes controladas e das atividades administrativas realizadas no ano de 2009 pela Reitoria e Campus Universitário de Palmas, para calcular o número de árvores nativas do Cerradão a serem plantadas na região do município de Palmas-TO para neutralizar as emissões destes GEE reportados em dióxido de carbono equivalente (CO_2e). Utilizando para esse propósito as Especificações do Programa Brasileiro GHG (Greenhouse Gas) Protocol associada com as metodologias de cálculo de emissões de GEE publicadas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) para a realização do inventário, e utilizando o Guia de Boas Práticas para o Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas (LULUCF) publicado pelo IPCC para o cálculo de neutralização do CO_2e . O resultado do inventário mostrou que as unidades inventariadas emitiram cerca de $218\text{tCO}_2\text{e}$ e que para a neutralização destes, seriam necessário plantar aproximadamente 1.702 árvores para sequestrar todo CO_2e em um período de 20 anos. As metodologias utilizadas para a composição do inventário dos GEE apresentaram ser excelentes ferramentas para a determinação do perfil de emissão, e apesar das incertezas apresentadas do fator de fixação de carbono, este pode ser utilizado para o cálculo de neutralização dos GEE como uma forma de mitigação ambiental.

Palavras-chave: Inventário de Gases de Efeito Estufa, Fatores de emissão, Fator de fixação de Carbono, Cerradão, Universidade Federal do Tocantins, Palmas-TO.

**ABSTRACT**

The main objective of this paper was to establish an inventory of the Federal University of Tocantins' Greenhouse Gases (GHGs) emissions derived from controlled sources and administrative activities conducted in 2009 by the Rectorate and the University Campus of Palmas, in order to calculate the number of Savanna's native trees to be planted in the region of the county of Palmas-TO to neutralize GHG emissions reported in carbon dioxide equivalent (CO₂e). Utilizing the Specifications of the Brazilian Program GHG (Greenhouse Gas) Protocol for this purpose associated with the calculus methodologies of GHG emissions published by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) for the completion of the inventory, as well as using the Good Practice Guide for Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF) published by the IPCC for neutralization of CO₂e calculus. The inventory result showed that the listed units emitted around 218tCO₂e and for its neutralization, it would be necessary to plant approximately 1.702 trees for sequestering all CO₂e over a period of 20 years. The methodologies used for the composition of the GHG inventory came up as excellent tools for determining the emission profile. Despite the uncertainties about the carbon fixation rate, it can be used to calculate the neutralization of GHG as a way of environmental mitigation.

Keywords: Inventory of Greenhouse Gases, Emission Factors, Carbon fixation factor, Cerradão (savana), Federal University of Tocantins, Palmas-TO.

1. INTRODUÇÃO

Diariamente a mídia noticia as catástrofes climáticas e as mudanças do clima que estão acontecendo em escala global. Ao longo dos últimos cem anos, a concentração de Gases de Efeito Estufa (GEE) vem aumentando por causa da atividade industrial, agrícola e principalmente por causa da atividade de transporte pelo grande consumo de combustíveis fósseis pelos veículos terrestres. O acúmulo desses gases impede o calor das superfícies terrestre de ser liberado ao espaço, ocasionando aumento na temperatura média da superfície da Terra e mudanças nos padrões climáticos mundiais (MCT, 2010a).

Segundo as informações apresentadas na Síntese do quarto relatório do IPCC sobre Mudanças Climáticas, o aumento da temperatura média da terra poderá acarretar até o final do século XXI, impactos econômicos, sociais e ambientais que afetarão todos os países, porém, serão sentidos de maneira diferenciada em cada região. A maioria dos impactos será negativa trazendo enormes prejuízos para a humanidade (IPCC, 2007).

Na tentativa de estabilizar as possíveis consequências dos gases causadores do efeito estufa, foi estabelecida, durante a Conferência para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Leal, 2008). A partir de então, passaram a ocorrer Conferências anuais das Partes (COPs), que culminaram, em 1997, com a assinatura por diversos países, do Protocolo de Quioto, que tem como meta principal regular as emissões de GEE pelos países industrializados, impondo a redução obrigatória de, em média, 5,2% com relação aos níveis emitidos em 1990, no período compreendido entre 2008 e 2012 (Cooper et al., 2009).

A realização de inventário de emissão de GEE em dióxido de carbono equivalente (CO₂e), que segundo Paiva (2008) é uma medida padrão estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU) para quantificar as emissões dos GEE listados pelo Protocolo de Quioto, tem como principal objetivo o de permitir o conhecimento do perfil de emissão, e a partir deste, realizar um planejamento para a sua redução, bem como a neutralização da

emissão levantada.

A neutralização de carbono pode ser considerada como uma forma de mitigação ambiental, em que empresas, instituições e cidadãos têm a possibilidade de compensar suas emissões de CO₂ por meio do plantio de árvores que fixam carbono através do processo de fotossíntese durante seu crescimento e desenvolvimento. Assim, o CO₂ que é lançado na atmosfera é retirado pelas florestas, ou seja, é neutralizado (Netto et al., 2008).

O principal objetivo deste trabalho foi elaborar um inventário das emissões de GEE da Universidade Federal do Tocantins (UFT) provenientes das fontes controladas e das atividades administrativas realizadas no ano de 2009 pela Reitoria e Campus Universitário de Palmas, para calcular o número de árvores nativas do Cerradão, uma das fitofisionomias do Cerrado, a serem plantadas na região do município de Palmas-TO para neutralizar as emissões destes GEE reportados em CO₂e.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho definiu como área de estudo da Universidade Federal do Tocantins, o limite organizacional do Campus Universitário de Palmas em que sua estrutura física está instalada no município de Palmas-TO que tem coordenadas geográficas pontuais 10°42'29"S e 48°25'02"W, e o limite organizacional da Reitoria que está instalada na área do Campus Universitário (Figura 1).

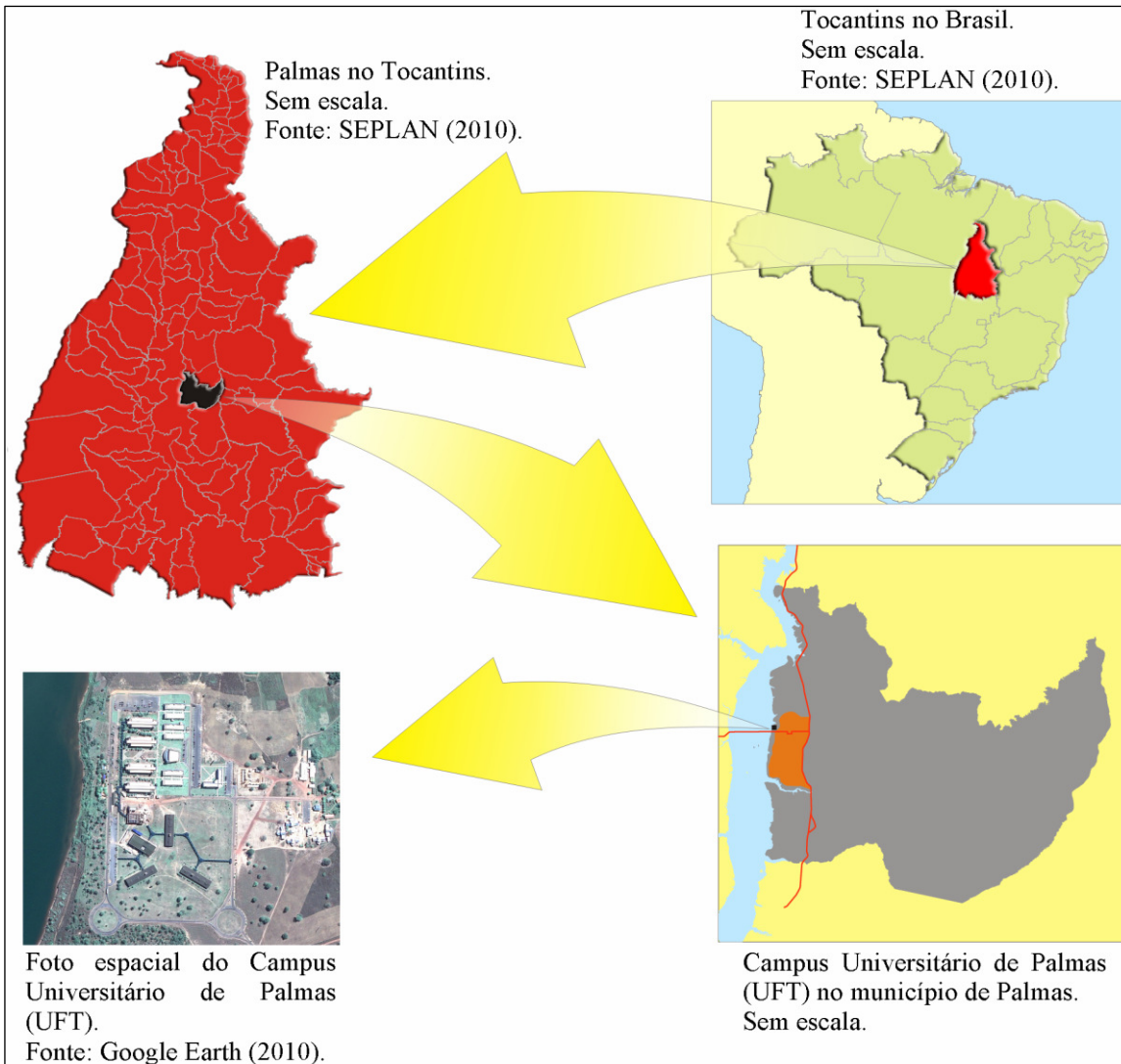


Figura 1 – Mapa de localização do Campus Universitário de Palmas (UFT).

A vegetação característica da região é de fitofisionomias do cerrado: cerradão, cerrado stricto sensu, campo sujo e campo limpo. Na área de estudo a vegetação predominante é do tipo cerradão. Segundo Ribeiro e Walter (1998) citado por Karug et al. (2002), o cerradão é caracterizado por uma formação florestal onde a dominância de espécies vegetais é lenhosa de dossel alto e fechado, apresentando espécies que ocorrem no cerrado sensu stricto e na floresta tropical, com árvores variando de 8 a 15 metros de altura.

O clima predominante no cerrado é o tropical com estação seca, ou tropical sazonal, dentro da

classificação climática Aw/As de Köppen-Geiger, com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual é de 22,5°C, com precipitação média anual entre 1200mm e 1800mm.

2.2. Elaboração do Inventário de Gases de Efeito Estufa

Para a realização do inventário dos GEE referente ao ano de 2009 da área de estudo foram utilizados os princípios metodológicos apresentados nas Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol publicado pelo World Resources Institute (WRI) (2010), em que a realização do inventário seguiu os seguintes passos básicos:

2.2.1 Identificação das Fontes de Emissão

A metodologia apresentada no Programa Brasileiro GHG Protocol divide as emissões em três grandes escopos mais emissões de biomassa. São eles (WRI, 2010):

- **Escopo 1: Emissões Diretas de GEE** – São aquelas provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela Organização, que devem ser divididas em: combustão estacionária, combustão móvel, emissões de processos físicos e químicos, emissões fugitivas e emissões agrícolas.

- **Escopo 2: Emissões Indiretas de GEE** – São emissões atribuídas à compra de eletricidade, calor ou vapor, que são emitidas no local de sua geração. Pode ser dividida em: compra de energia elétrica e compra de calor ou vapor.

- **Escopo 3 (opcional): Outras emissões indiretas de GEE** – Emissões indiretas relacionadas à atividade da Organização, mas que ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas pela organização, como por exemplo, terceirização de serviços, transporte de matérias-primas, produtos acabados e descartáveis, uso de combustível pelos funcionários para sua locomoção até a Organização ou em atividades pela Organização.

- **Emissões de biomassa:** São emissões resultantes da combustão de biomassa e que devem ser tratadas de forma diferente daquelas provenientes de combustíveis fósseis. O CO₂ liberado na combustão de biomassa é igual ao CO₂ retirado da atmosfera durante o processo de fotossíntese, desta forma, é possível considerá-lo “carbono neutro”. Por outro lado, as emissões de metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) não podem ser consideradas neutras em virtude de estes gases não serem removidos da atmosfera durante o crescimento da biomassa e devem ser contabilizadas no Escopo 1.

Com base nas informações acima, foram incluídas neste Inventário as seguintes fontes de emissões identificadas a partir de visitas ao local da área de estudo (Quadro 1):

Quadro 1 – Identificação das fontes de emissões de GEE referentes ao ano de 2009 distribuídas por unidade organizacional.

Unidade Organizacional	Escopo	Fonte de emissão	Descrição da fonte
Reitoria	1	Combustão móvel	Emissões de CO ₂ pelos diferentes combustíveis utilizados (gasolina e diesel) nos transportes terrestres (veículos) e transportes aquáticos (embarcações).
		Emissão agrícola	Emissões de CO ₂ pela utilização de diesel em máquina agrícola (trator) e emissões de CO ₂ e N ₂ O originadas da correção e adubação do solo na área da Estação Experimental do Campus Universitário de Palmas.
Campus Universitário de Palmas	1	Combustão móvel	Emissões de CO ₂ pelos diferentes combustíveis utilizados (gasolina e diesel) nos transportes terrestres (veículos).
		Combustão estacionária	Emissões de CO ₂ pela utilização de gás liquefeito de petróleo (GLP) em fogões de cozinha e equipamentos de laboratório (bico de bunsen).
	2	Compra de eletricidade	Emissões de CO ₂ originadas no local de geração da eletricidade consumida pelo Campus. O consumo de energia elétrica da Reitoria foi contabilizado no consumo do Campus, pois a Reitoria consome a energia elétrica comprada pelo Campus Universitário de Palmas.

As emissões do Escopo 3 não foram contabilizadas por motivo da grande dificuldade em identificar todas as fontes de emissões indiretas pertencentes a este Escopo.

2.2.2 Abordagem de cálculo

A abordagem de cálculo utilizada neste Inventário para o cálculo das emissões de GEE em CO₂e das fontes contempladas foi por aplicação de fatores de emissão. Os fatores de emissão reportam a quantidade de CO₂e emitida por unidade de atividade (Brasil et al., 2008).

2.2.3 Coleta de dados e fatores de emissão

A coleta de dados foi realizada por meio de

visitas a Diretoria Administrativa da Reitoria (DIRAD), a Administração do Campus e a Administração da Estação Experimental localizada na área do Campus Universitário de Palmas, em que o critério para a coleta das informações tomou por base as variáveis de cada ferramenta de cálculo selecionada para a confecção de planilhas impressas onde foram registrados os dados. Os dados coletados foram referentes ao período de janeiro a dezembro de 2009.

Os fatores de emissão utilizados no inventário para as emissões resultantes das fontes identificadas como consumo de combustíveis, aplicação de calcário, aplicação de fertilizantes nitrogenados e consumo de energia elétrica, são os recomendados pelo IPCC, United State Environmental Protection Agency (US EPA) e Ministério da Ciência e

Tecnologia (MCT) (Tabela 1).

Tabela 1 - Fatores de emissão das principais fontes de emissão

Fonte de emissão	Fator de emissão	Fonte de Publicação
Álcool (E100)	1,469 KgCO ₂ /l	US EPA, 2008
Biodiesel (B100)	2,499 KgCO ₂ /l	US EPA, 2008
Diesel	2,681 KgCO ₂ /l	US EPA, 2008
Gasolina	2,327 KgCO ₂ /l	US EPA, 2008
GLP	1,612 KgCO ₂ /l	IPCC, 2006
Energia Elétrica	0,0246 tCO ₂ /MWh	MCT, 2010b
Fertilizante Nitrogenado	0,01[Kg N ₂ O – N / (Kg N)]	IPCC, 2006

2.2.4 Aplicação das ferramentas de cálculo

Para calcular as emissões dos GEE das fontes contempladas neste Inventário, foram utilizadas as seguintes ferramentas de cálculo selecionadas no Guia de Orientações de 2006 do IPCC para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa:

a) Emissão de CO₂ por consumo de combustível

Para o cálculo das emissões de CO₂ por consumo de diversos tipos de combustíveis (tanto em sistemas de combustão móvel como estacionária) empregou-se a seguinte equação geral do IPCC (2006):

$$Emiss\tilde{a}o = \sum_j (Combust\tilde{v}e\ l_j \cdot EF_j) \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde: Emissão = Emissão de CO₂ (Kg); Combustível_j = Combustível consumido (TJ); EF_j = Fator de emissão do combustível_j (Kg/TJ); j = Tipo de combustível (Álcool, Biodiesel, Diesel, Gasolina e GLP).

As unidades da variável Combustível e EF foram substituídas respectivamente pelas unidades litro (l) e quilograma por litro (Kg/l).

O cálculo das emissões de CO₂ por consumo de combustível levou em consideração a fração de biodiesel contido no diesel e a fração de etanol

(álcool) contido na gasolina. Pois de acordo com a Agência Nacional de Petróleo (ANP) (2009) citado pelo Programa Brasileiro GHG Protocol (2010), todo diesel comercializado no Brasil no ano de 2009 possuiu uma fração média de biodiesel de 3,5% e toda gasolina brasileira também possuiu obrigatoriamente uma fração variável de combustível biogênico, no caso o etanol de 25%.

As emissões de CH₄ e N₂O por consumo de combustível pelas fontes de combustão móvel não foram calculadas, devido haver uma grande dificuldade de serem estimadas com exatidão comparadas com as emissões de CO₂. Pois os fatores de emissão de CH₄ e N₂O dependem da tecnologia do veículo, do combustível e das condições de uso (IPCC, 2006).

b) Emissão de CO₂ por consumo de energia elétrica

As emissões indiretas de CO₂ por consumo de eletricidade durante a realização das atividades administrativas foram calculadas conforme a seguinte equação desenvolvida a partir dos princípios da abordagem de cálculo de emissão por fatores de emissão do IPCC (2006):

$$Emiss\tilde{a}o = CE_y \cdot EF_y^{rede} \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde: Emissão = Emissão de CO₂ por consumo de energia elétrica, no ano y (t); CE_y = Consumo de energia elétrica, no ano y (MWh); EF_y^{rede} = Fator de emissão de CO₂ do ano y e pela rede elétrica (t/MWh).

c) Emissões resultantes da aplicação de calcário

Para o cálculo das emissões de CO₂ resultantes da aplicação de carbonatos, que contenham cal (carbonato de cálcio (CaCO₃) ou dolomita (CaMg(CO₃)₂)), foi utilizado a seguinte equação do IPCC (2006):

$$Emiss\tilde{a}o\ CO_2 - C = (M_{Calc\tilde{a}r}io \cdot EF_{Calc\tilde{a}r}io) + (M_{Dolomita} \cdot EF_{Dolomita}) \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde: Emissão CO₂-C = Emissões anuais de carbono (C) por aplicação de calcário (tC/ano) (para

a conversão de CO₂-C para tCO₂, o valor obtido foi multiplicado por 44/12); M = Quantidade anual de carbonato de cálcio (CaCO₃) ou dolomita (CaMg(CO₃)₂) (tC/ano); EF = Fator de emissão, tC por tonelada de calcário ou dolomita. O fator de emissão é equivalente ao conteúdo de carbono nestes materiais (12% CaCO₃, e 13% CaMg(CO₃)₂).

d) Emissões resultantes da aplicação de fertilizantes

A aplicação de adubos nitrogenados em solos agrícolas resulta na emissão de N₂O, importante gás do efeito estufa, cujo potencial de aquecimento global é estimado em aproximadamente 310 vezes maior do que o CO₂. Para estimar as emissões de N₂O resultantes das aplicações de fertilizantes, foi utilizado a seguinte equação adaptada a partir dos dados apresentados nas Orientações do IPCC (2006):

$$\text{Emissão } N_2O_{\text{Direta}} - N = [(F_{SN} + F_{ON}) \cdot EF] \cdot \left(\frac{44}{28}\right) \cdot 310$$

Eq. (4)

Onde: N₂O_{Direta}-N = Emissões diretas de N₂O como resultado da aplicação de adubos contendo nitrogênio (tCO₂e/ano); F_{SN} = Quantidade de fertilizante sintético utilizado (tN/ano); F_{ON} = Quantidade de fertilizante orgânico utilizado (tN/ano); EF = Fator de emissão para emissões decorrentes da adição de N (adimensional); 44/28 = conversão de N₂O-N para N₂O; 310 = Potencial de Aquecimento Global do N₂O para conversão em tCO₂e.

2.3. Cálculo de Neutralização de CO₂e por plantio de árvores

Para quantificar o número de árvores nativas pertencentes ao Cerradão que é uma das fitofisionomias do bioma Cerrado presente no município de Palmas-TO, para neutralizar as emissões do CO₂e emitidos pela Reitoria e Campus Universitário de Palmas da UFT no ano de 2009, o presente trabalho utilizou a seguinte equação apresentada por Azevedo e Quintino (2010):

$$N = \left[\left(\frac{Et}{Ft} \right) \cdot 1,2 \right] \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde: N = Número de árvores a serem plantadas; Et = Emissão total de GEE estimado no cálculo de emissão (tCO₂e); Ft = Fator de fixação de carbono em biomassa no local de plantio (tCO₂e/árvore); 1,2 = Fator de compensação para possíveis perdas de mudas.

Segundo Azevedo e Quintino (2010), o fator de fixação é estimado de acordo com a quantidade de carbono seqüestrado da atmosfera pelas plantas, que por sua vez, depende das diferenças de espécies, solo, clima e tipo de vegetação.

Assim, a determinação do fator de fixação de carbono em biomassa para o plantio de árvores nativas do Cerradão, foi realizada com base nos dados apresentado no Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF) publicado pelo IPCC no ano de 2003, o qual apresenta informações sobre as taxas de Incremento Médio Anual (IMA) de Biomassa para florestas tropicais e subtropicais em processos de regeneração natural localizadas em Regiões da América que tem clima úmido com uma estação seca curta.

De acordo o IPCC (2003), o valor por omissão do IMA da biomassa viva acima do solo em processo de regeneração natural das florestas situadas em Regiões da América que tem clima tropical ou subtropical úmido com uma estação seca curta com precipitação anual de 2000 > P > 1000mm, é 7 toneladas de matéria seca/ ha/ ano para florestas com idade ≤ 20 anos e 2 toneladas de matéria seca/ ha/ ano para florestas com idade > 20 anos. O valor por omissão do IMA da biomassa abaixo do solo pode ser considerado igual a 0. A incerteza por omissão do IMA da biomassa viva acima do solo é de ±43% em torno da média do IMA. A fração de carbono na matéria seca por omissão é igual a 50% ou 0,5.

Com base nas informações acima, o cálculo do fator de fixação de carbono por árvore foi realizado por meio da seguinte equação:

$$tCO_2e/árvore/ano = \frac{IMA \cdot (tC/t\text{ seca}) \cdot (44/12)}{n^\circ \text{ árvore/ha}}$$

Onde: $tCO_2e/árvore/ano$ = Toneladas de CO_2e seqüestrado por árvore em 1 ano; IMA = Incremento Médio Anual da biomassa viva acima do solo mais o IMA da biomassa viva abaixo do solo (toneladas de matéria seca/ha/ano); $tC/t\text{ seca}$ = Teor de Carbono na matéria seca (0,5); $44/12$ = Conversão do C para CO_2 ; $n^\circ \text{ árvores/ha}$ = Número de árvores por hectare em fase de crescimento.

O número de árvores/ha utilizado para realizar o cálculo foi de 1.667 árvores/ha, visto que, de acordo com Bechara (2006), o plantio tradicional de espécies arbóreas para recuperação de áreas degradadas localizadas no Cerradão, é realizado sob espaçamento de 3 x 2 metros, totalizando cerca de 1.667 árvores por hectare.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Inventário dos Gases de Efeito Estufa

Após o levantamento das informações referente ao ano de 2009 das fontes de emissão de GEE identificadas como consumo de energia elétrica, aplicação de calcário, aplicação de fertilizantes nitrogenados, consumos de combustíveis pelos transportes terrestres, aquáticos e por fontes estacionárias, calcularam-se as emissões de CO_2e empregando as diferentes metodologias de cálculo citadas no presente trabalho (Tabela 2).

Como pode ser observado na Tabela 2, cerca de 76% das emissões da Reitoria e Campus Universitário de Palmas da UFT pertencem ao Escopo 1, sendo que os transportes terrestres controlados por estas unidade é a fonte mais significativa das emissões diretas, detendo cerca de 93% das emissões deste escopo e 70% da emissão total de 218,31t CO_2e , em que a Reitoria é responsável por emitir 82% das emissões totais gerado pelos transportes terrestres no ano de 2009. A emissão indireta por consumo de energia elétrica é a segunda fonte mais significativa, representando aproximadamente 24% das emissões totais e as

demais fontes emissoras consideradas neste inventário representam juntas, 6% das emissões totais. Assim, a Reitoria é responsável por emitir 63% das emissões totais enquanto que o Campus Universitário de Palmas é responsável por emitir 37% das emissões.

As emissões de CO_2 por queima de biomassa foram reportadas separadamente da Tabela 2, pois podem ser consideradas como “carbono neutro” conforme apresentado na metodologia descrita no trabalho. O resultado das emissões da queima das frações de biomassa presentes nos combustíveis brutos da gasolina e diesel foram respectivamente 13,65t CO_2 proveniente da queima de álcool e 3,25t CO_2 proveniente da queima de biodiesel, sendo que 86% destas emissões pertencem a Reitoria.

Tabela 2 - Emissões de CO₂e referentes ao ano de 2009 distribuído por unidade organizacional com suas respectivas fontes de emissão.

Unidade Organizacional	Escopo	Fonte de emissão	Descrição da Fonte	Consumo	Emissão (tCO ₂ e)	Percentual de emissão de GEE		
Reitoria	1	Combustão móvel	Consumo líquido de diesel pelos transportes terrestre.	26.440,75 L	70,89	32,47		
			Consumo líquido de gasolina pelos transportes terrestre.	23.439,66 L	54,54	25		
			Consumo líquido de gasolina pelos transportes aquáticos.	728,97 L	1,7	0,77		
		Emissão agrícola	Consumo líquido de diesel por máquina agrícola.	2.354,55 L	6,31	2,9		
			Aplicação de Calcário Dolomítico	3 ton	1,43	0,7		
			Aplicação de Adubo NPK 04-14-08	0,08 ton	0,02	0,01		
			Aplicação de Adubo NPK 04-30-16	9 ton	1,75	0,8		
		Campus Universitário de Palmas	1	Combustão móvel	Consumo líquido de diesel pelos transportes terrestre.	6.936,1 L	18,6	8,5
					Consumo líquido de gasolina pelos transportes terrestre.	3.716,1 L	8,65	4
				Combustão estacionária	Consumo de GLP por fogões de cozinha e laboratoriais.	7 botijões de 108 L	1,22	0,5
Campus Universitário de Palmas	2	Compra de eletricidade	Consumo de energia elétrica durante a realização das atividades administrativas (A Reitoria consome a mesma energia elétrica comprada pelo Campus Universitário de Palmas).	2.135,54 MWh	52,54	24,05		
			EMIÇÃO TOTAL				218,31tCO₂e	

3.2. Cálculo de Neutralização do CO₂e por plantio de árvores

Visto que o intenso crescimento da biomassa viva acima do solo é até aos 20 anos de idade, o número de mudas de árvores nativas do Cerradão estimadas para neutralizar a emissão de 218,31tCO₂e da Reitoria e Campus Universitário de Palmas referente ao ano de 2009, considerou um período de 20 anos contado a partir do ano de plantio para a neutralização. Assim, o resultado do fator de fixação de carbono da Equação 6 foi multiplicado por 20, obtendo o seguinte resultado:

$$tCO_2e/árvore\ em\ 20\ anos = \left(\frac{7t \cdot ha^{-1} \cdot 0,5 \cdot 3,67}{1667árvore \cdot ha^{-1}} \right) \cdot 20 \cong 0,154tCO_2e/árvore\ em\ 20\ anos$$

Com base nos dados apresentado no LULUCF, o resultado do fator de fixação de carbono da Equação 6 pode apresentar uma incerteza de $\pm 43\%$ sem considerar o IMA da biomassa viva abaixo do solo (parte do tronco e raízes) mais as incertezas da quantidade de árvores em fase de crescimento por hectare utilizada no cálculo. Portanto, com o resultado da Equação 6, foi estimado a quantidade de mudas de árvores nativa do Cerradão a serem plantadas para neutralizar em 20 anos a emissão total de 218,31tCO₂e provenientes das fontes controladas e das atividades administrativas realizadas no ano de 2009 pela Reitoria e Campus Universitário de Palmas, utilizando a Equação 5:

$$N = \left[\left(\frac{218,31tCO_2e}{0,154tCO_2e/árvore} \right) \cdot 1,2 \right] \cong 1.702\ árvores$$

Considerando o espaçamento de plantio das mudas de 3 x 2 metros ($6\text{m}^2/\text{muda}$), a área necessária para o plantio de 1.702 mudas é de 10.212m^2 ou aproximadamente 1,02ha.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados deste estudo, chegou-se às seguintes conclusões:

A metodologia apresentada nas Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol para elaboração de Inventário de GEE, associada com as metodologias de cálculo do IPCC para estimar as emissões dos gases resultantes das fontes controladas e das atividades administrativas realizadas no ano de 2009 pela Reitoria e Campus Universitário de Palmas da UFT, apresentaram-se como excelentes ferramentas para a composição do inventário de GEE reportados em CO_2e , permitindo o conhecimento do perfil das emissões destas unidades.

A metodologia de cálculo utilizada para a determinação do fator de fixação de carbono em CO_2e por árvore nativa do Cerradão, pode apresentar incertezas além dos $\pm 43\%$ por motivo de não ter sido considerado o IMA da biomassa viva abaixo do solo (parte do tronco e raízes) mais as incertezas da quantidade de árvores em fase de crescimento por hectare estimados para o IMA da biomassa viva acima do solo utilizado no cálculo.

Apesar das incertezas apresentadas na determinação do fator de fixação de carbono, a metodologia utilizada não demandou um tempo oneroso para a sua determinação, e pode ser utilizada por empresas, instituições e cidadãos para calcular o número de árvores nativas do Cerradão a serem plantadas para neutralizar suas emissões de maneira voluntária como uma forma de mitigação ambiental.

No entanto, sugerem-se a elaboração e realização de pesquisas mais detalhadas, para a obtenção de uma gama de informações e análises mais criteriosas para a determinação de um fator de fixação de carbono geral para as árvores nativas do Cerradão.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Azevedo, M. F. C.; Quintino, I. 2010. *Manual Técnico: Um programa de compensação ambiental que neutraliza emissões de carbono através de projetos socioambientais de plantio de*

mudas nativas. Rio de Janeiro: Ambiental Company, 17 p.

Bechara, F. C. 2006. *Unidades demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga. Piracicaba, 248 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.*

Brasil, G. H.; Junior Souza, P. A.; Junior Carvalho, J. A. 2008. *Inventários corporativos de gases de efeito estufa: métodos e usos. Revista Sistemas & Gestão. v.3, n.1, p.15-26.*

Cooper, M. et al. 2009. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz": Plano Diretor Socioambiental Participativo do Campus "Luiz de Queiroz". São Paulo. Disponível em: <esalq.usp.br/instituicao/docs/plano_diretor_socioambiental.pdf>. Acesso em: 01/03/2010.

Google Earth. 2010. Foto espacial do Campus Universitário de Palmas. Obtida em: 28/08/2010.

IPCC. 2003. Intergovernmental Panel on Climate Change. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman, J; Gytarsky, M; Hiraishi, T; Krug, T; Kruger, D; Pipatti, R; Buendia, L; Miwa, K; Ngara, T; Tanabe, K and Wagner, F. (Ed). Japão: IGES, 628 p.

IPCC. 2006. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Eggleston, H.S; Buendia, L; Miwa, K; Ngara, T. and Tanabe, K. (Ed.). Japão: IGES.

IPCC. 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: Synthesis Report. Disponível em: <ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf>. Acesso em: 10/06/2010.

Karug, T.; Figueiredo, H. B.; Sano, E.E.; Almeida, C. A.; Santos, J. R.; Miranda, H. S.; Sato, M. N.; Andrade, S. M. A. 2002. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antropogênicas de Gases de Efeito Estufa, Relatório de Referência. Emissões de Gases de Efeito Estufa da Queima da Biomassa no Cerrado não-antrópico utilizando dados orbitais. Disponível em: <recor.org.br/publicacoes/queimac_p.pdf>. Acesso em: 29/07/2010.

Leal, F. H. 2008. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo como Incentivo à Recomposição de Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal. *Revista Carbono Social. v.2, n.2, p.38-43.*

MCT. 2010a. Ministério da Ciência e Tecnologia. Ciência da Mudança do Clima. <mct.gov.br/index.php/content/view/3883.html>. Acesso em: 01/03/2010.

MCT. 2010b. Ministério da Ciência e Tecnologia. Fatores de Emissão de CO_2 para utilizações que necessitam do fator médio

de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil, como, por exemplo, inventários corporativos. <mct.gov.br/index.php/content/view/74694.html>. Acessado em: 20/07/2010.

Netto, S. P.; Kauano, É. E.; Caraiola, M; Weber, S. H; Erdelyi, S. 2008. Estimativa do potencial de neutralização de dióxido de carbono no programa VIVAT Neutracarbono em Tijucas do Sul, Agudos do Sul e São José dos Pinhais, PR. Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais, v.6, n.2, p.293-306.

Paiva, G. B. 2008. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, Tratamento de Esgoto e Desenvolvimento Sustentável: Um Estudo Econômico. Vitória, 134 p. Dissertação (Mestrado em Economia). Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas, Universidade Federal do Espírito Santo.

Programa Brasileiro GHG Protocol. Ferramenta GHG Protocol_2009_Final. <ghgprotocolbrasil.com.br>. Acessado em: 07/06/2010.

SEPLAN. 2010. Secretaria de Planejamento. Diretoria de Zoneamento Ecológico e Econômico. Governo do Estado do Tocantins, Palmas.

US EPA. 2008. United State Environmental Protection Agency. Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance: Direct Emissions from Mobile Combustion Sources. <epa.gov/stateply/documents/resources/mobilesource_guidance.pdf>. Acessado em: 17/08/2010.

WRI. 2010. World Resources Institute. Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol. Mozoni, M; Bhatia, P; Biderman, R; Fransen, T; Oliveira, B; Strumpf, R; Robinson, K. (Ed.). 2010, 77 p. <fgv.br/ces/ghg/>. Acessado em: 07/06/2010.

MODELAGEM NUMÉRICA DA IRRADIAÇÃO SOLAR COMO MÉTODO ALTERNATIVO NA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DISPONÍVEL

SOLAR IRRADIATION NUMERICAL MODELING AS ALTERNATIVE METHOD IN EVALUATING OF AVAILABLE ENERGY POTENTIAL

Marcio Ceconi

Nelson Jorge Schuch

Alexandre Ceretta Dalla Favera

Eduardo Weide Luiz

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR/INPE – MCT, Santa Maria – RS

ceconi@lacesm.ufsm.br

Fernando Ramos Martins

Enio Bueno Pereira

Centro de Ciência do Sistema Terrestre – CCST/INPE – MCT, São José dos Campos – SP

fernando.martins@inpe.br

RESUMO

A modelagem numérica é uma importante ferramenta para a estimativa e previsão dos recursos de energia solar, imprescindíveis para o desenvolvimento, implementação e operação de projetos para aproveitamento dessa fonte energética limpa e de caráter renovável. O artigo apresenta o estudo realizado para desenvolvimento e adaptação de modelos empíricos para estimativa de irradiação solar em superfície em dois âmbitos: com abrangência local para localidades específicas e com abrangência regional para todo o território brasileiro. Os baixos desvios estatísticos entre as estimativas dos modelos e as medidas coletadas em superfície (RMSE de 17% a 23% para o modelo regional e de 15% a 26% para os modelos locais) mostraram a boa confiabilidade das estimativas fornecidas pelos mesmos. Adicionalmente, o desempenho de dois modelos clássicos da literatura (Ruth e Chant, 1976; Collares-Pereira e Rabl, 1979) foram comparados com o modelo local para São Martinho da Serra – RS, verificando-se boa concordância entre suas estimativas, com exceção dos períodos de céu limpo ($K_t > 0,7$), nos quais o modelo local mostrou-se superior aos modelos clássicos.

Palavras-chave: Energia solar, radiação solar, Projeto SONDA.

ABSTRACT

Numerical modeling is an important tool for estimating and forecasting the renewable energy resources necessary for developing and operating solar power plants. The article presents the analysis performed in the development and adaptation of empirical models to estimate solar radiation at the surface on two scopes: with local coverage for selected sites and regional coverage for the entire Brazilian territory. Low statistical deviations between model estimates and surface measurements (17% to 23% RMSE for ALL model and 15% to 26% for local models) demonstrated the reliable performance of developed models. Additionally, two classic models (Ruth and Chant, 1976; Collares-Pereira and Rabl, 1979) and the local model performances were compared for São Martinho da Serra. The results showed a good agreement between the estimates provided by the three models and ground measurements, except for clear sky days ($K_t > 0.7$), in which the local model is better than classic models.

Keywords: Solar energy, solar radiation, SONDA Project.

1. INTRODUÇÃO

Um bom planejamento do setor energético é determinante para o desenvolvimento de um país. No entanto, o contraste entre o aumento do consumo de energia decorrente principalmente do crescimento econômico dos países em desenvolvimento, e a escassez dos recursos energéticos mais utilizados atualmente, bem como a preocupação com a degradação ambiental gerada pela própria extração e aplicação desses recursos, têm incentivado a busca por fontes alternativas de energia, limpas e de caráter renovável, principalmente solar e eólica.

Estudos envolvendo previsões de irradiação solar são de fundamental importância em diversas áreas da meteorologia, como estudos sobre o clima e suas mudanças, e em áreas aplicadas, como a agropecuária, a arquitetura e a energética (Guarnieri, 2006; Pereira et al., 2006).

Neste escopo, torna-se necessário o estudo da disponibilidade dos recursos energéticos renováveis para diferentes localidades e em diferentes épocas do ano, viabilizando investimentos na área e propiciando o desenvolvimento de novas formas de aplicação das mesmas com novas tecnologias. Nesse sentido, o Projeto SONDA (Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais) mantém em operação diversas estações de coleta de dados espalhadas pelo Brasil, contemplando grande amplitude de fatores climatológicos e ambientais característicos de cada região.

O objetivo desta pesquisa é a realização de estudos de avaliação do potencial de energia solar disponível no território brasileiro, utilizando a modelagem numérica dos processos radiativos que ocorrem na atmosfera entre a radiação solar e os constituintes atmosféricos. Com esse intuito, foram desenvolvidos e adaptados modelos para estimativa de irradiação solar em superfície. Na primeira etapa, foram desenvolvidos modelos empíricos de abrangência local para estimativa do parâmetro K , definido como a razão entre a irradiação solar difusa e a irradiação solar global. A metodologia adotada emprega como entrada o índice de nebulosidade da atmosfera K_t , definido como a razão entre a irradiação solar global e a incidente no topo da atmosfera, para oito estações de coleta de dados do Projeto SONDA. Adicionalmente, desenvolveu-se

um modelo regional para aplicação em todo o território nacional utilizando os dados disponíveis das oito estações selecionadas.

1.1. Modelos Numéricos para Estimativa de Irradiação Solar

Segundo Pereira et al. (2006) existem basicamente dois métodos para obter as informações necessárias para estimar a irradiação solar incidente na superfície. O primeiro método seria a utilização de uma rede de radiômetros distribuídos estrategicamente sobre a região de interesse, em conjunto com a aplicação de técnicas de interpolação das medidas de radiação obtidas. A adoção de modelos computacionais para obter estimativas da radiação solar incidente por meio de relações empíricas ou da solução da equação de transferência radiativa seria a alternativa para o primeiro método de obtenção desses dados.

Estudos recentes mostram que a interpolação de valores medidos por uma rede de radiômetros fornecerá resultados mais precisos do que os obtidos em modelos computacionais que utilizam dados de satélite apenas se o número de fotômetros for grande e a distância entre eles pequena. Distâncias inferiores a 50 km entre os radiômetros são necessárias para que as estimativas horárias de radiação solar incidente obtidas por interpolação apresentassem uma precisão similar às obtidas utilizando modelos numéricos (Perez et al., 1997; Guarnieri et al. 2006). Dessa forma, o custo de instalação e manutenção de uma rede de radiômetros para mapeamento da radiação solar incidente com boa precisão dos resultados obtidos em extensões, como a do território brasileiro, seria extremamente elevado, inviabilizando sua execução. A adoção de modelos computacionais que utilizam dados de satélites é, certamente, a melhor alternativa para o mapeamento da disponibilidade de energia solar no território brasileiro (Pereira et al., 2006).

Segundo Martins (2007) os modelos computacionais podem ser classificados em modelos estatísticos e modelos físicos. Os modelos físicos caracterizam-se por utilizar métodos matemáticos que visam simular os processos físicos de transferência de energia que ocorrem na atmosfera e solucionar a equação de transferência radiativa. A

principal vantagem que os modelos físicos apresentam sobre os modelos estocásticos está relacionada ao fato de serem aplicáveis para qualquer localidade ou condições climáticas sem a necessidade de alterações. Um detalhe importante é que apesar da generalidade espacial dos modelos físicos, estes necessitam de informações confiáveis sobre as condições atmosféricas para fornecer estimativas precisas da radiação solar incidente. Nem sempre tais informações estão disponíveis ou apresentam a confiabilidade esperada para obtenção de estimativas precisas. Além disso, em algumas situações tornam-se necessárias adaptações na modelagem de alguns processos físicos a fim de que a influência de fenômenos característicos de determinadas regiões ou períodos sazonais, por exemplo, as queimadas durante a estação seca nas regiões Norte e Centro-Oeste brasileiras, possam ser levadas em consideração na determinação das estimativas de radiação solar incidente (Guarnieri, 2006; Pereira et al., 2006; Martins, 2007).

Vários métodos foram desenvolvidos para solucionar a equação de transferência radiativa de forma precisa. Por exemplo, os métodos que utilizam harmônicos esféricos (Dave e Canosa, 1974), ordenadas discretas (Liou, 1976), ordens sucessivas de espalhamento (Raschke, 1972), Monte Carlo e diferenças finitas (Lenoble, 1985). Estas técnicas necessitam um tempo computacional elevado para obtenção de estimativas da irradiância solar, principalmente em condições de céu com nuvens de elevada espessura óptica (Kerschgens et al., 1978), inviabilizando seu uso rotineiro. Como alternativa aos métodos precisos, foram desenvolvidos métodos aproximados que demandam um tempo computacional muito menor com o objetivo de utilização operacional e rotineira para a obtenção de estimativas de irradiação solar confiáveis. Entre os métodos aproximados pode-se destacar a Aproximação de Eddington e o Método de Dois Fluxos (“two-stream approach”) bastante utilizados nos modelos em uso atualmente (Lenoble, 1985, Martins et al., 2007).

Estudos executados com o modelo de transferência radiativa BRASIL-SR, que utiliza a aproximação de Dois-Fluxos, demonstram o grande potencial para aproveitamento da energia solar que o Brasil possui em função de sua localização tropical.

Cenários energéticos de aproveitamento do recurso energético solar demonstram a viabilidade econômica mesmo no Rio Grande do Sul, estado localizado no extremo sul do país e abaixo do Trópico de Capricórnio (Pereira et al., 2006).

Os modelos estatísticos caracterizam-se por utilizar expressões empíricas para a estimativa da radiação incidente em função de alguma propriedade do sistema terra-atmosfera medida por satélite ou por instrumentos de superfície. Estes modelos apresentam validade restrita à região para a qual as expressões empíricas foram desenvolvidas. No entanto, podem apresentar grande confiabilidade e apresentam uma demanda computacional muito menor que os modelos físicos. Em virtude dessas vantagens, diversos estudos foram publicados para descrever modelos estocásticos desenvolvidos em diversas regiões do planeta para a avaliação da disponibilidade de energia solar na superfície.

1.2. A Rede SONDA e Medidas de Superfície

A Rede SONDA (Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais voltados ao setor energético) é coordenada e executada pelo Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) em conjunto com Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC). Sua implementação foi realizada com suporte financeiro da FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), e sua manutenção e operação vem recebendo o apoio da PETROBRAS.

O objetivo da Rede SONDA é a aquisição de dados meteorológicos e climáticos destinados a atender a demanda de informações do setor energético sobre os recursos de energia solar e eólica no território brasileiro. A Rede SONDA vem possibilitando o estudo e desenvolvimento de modelos numéricos para estimativas dos potenciais de energia solar e eólica por meio de uma infraestrutura física e de recursos humanos destinada à coleta e qualificação de dados meteorológicos, eólicos e solarimétricos medidos em estações de superfície. A Figura 1 mostra a localização das estações de medida ao longo do território brasileiro. Atualmente, quatro estações são classificadas como “Estações de Referência” por serem dotadas de um conjunto completo de equipamentos para

monitoramento da irradiação solar e do vento. Uma lista detalhada dos equipamentos instalados nestas estações de referência, localizadas em Petrolina (PE), Brasília (DF), Rolim de Moura (RO) e São Martinho da Serra (RS), é apresentada no Quadro 1. Essas quatro estações participam do programa internacional “Baseline Solar Radiation Network” (BSRN) coordenado pela Organização Mundial de Meteorologia (WMO). A BSRN é um programa que visa monitorar globalmente a interação da radiação solar com outras variáveis climáticas e sua influência sobre mudanças percebidas no clima do planeta. As demais estações da rede SONDA contam com configuração similar às estações de referência, mas realizam a aquisição de um número menor de variáveis.

A plataforma com os sensores de medida das variáveis radiométricas e a torre eólica em operação na estação de São Martinho da Serra (RS), instalada no Observatório Espacial do Sul (OES), subunidade do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR/INPE – MCT, é apresentada na Figura 2.

Os dados coletados nas estações SONDA passam por um processo de qualificação com o objetivo de identificar dados suspeitos (errôneos), reforçar a confiabilidade e servir de alerta para a manutenção dos equipamentos em operação na estação. Durante o processo de qualificação, os dados são sinalizados através da atribuição de um código numérico de quatro dígitos armazenados em arquivos disponibilizados junto com os dados medidos na estação. O processo de qualificação dos dados de radiação solar baseia-se na estratégia de controle de qualidade de dados adotada para a BSRN enquanto para dados meteorológicos e eólicos são adotados os critérios de qualidade estabelecidos pela Meteorological Resource Center e publicados na WebMET.com. Em resumo, a instalação dos equipamentos, a organização e o controle de qualidade dos dados coletados seguem padronização estabelecida internacionalmente de modo a garantir a confiabilidade das informações e dados disponibilizados para acesso público e estudos científicos. As quatro estações de referência da rede SONDA já integram a BSRN e os dados coletados nessas localidades estão disponíveis nos websites de ambas as redes. Os dados coletados nas demais estações estão disponíveis apenas no site

<sonda.cptec.inpe.br>.

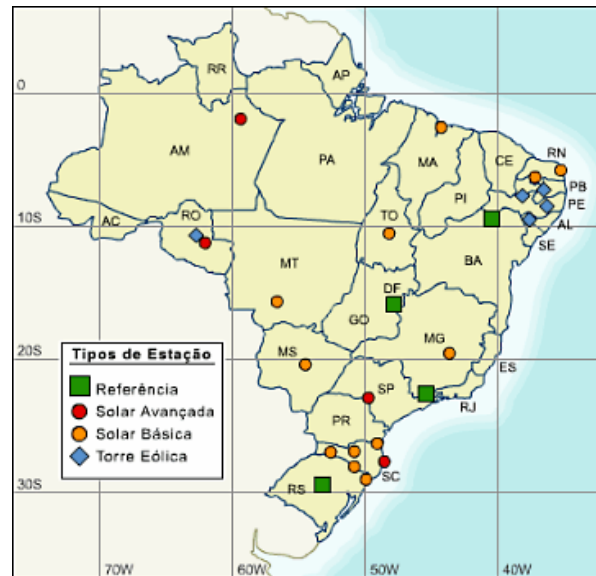


Figura 1 - Rede de estações coletoras de dados do Projeto SONDA. Fonte: SONDA <sonda.cptec.inpe.br>.

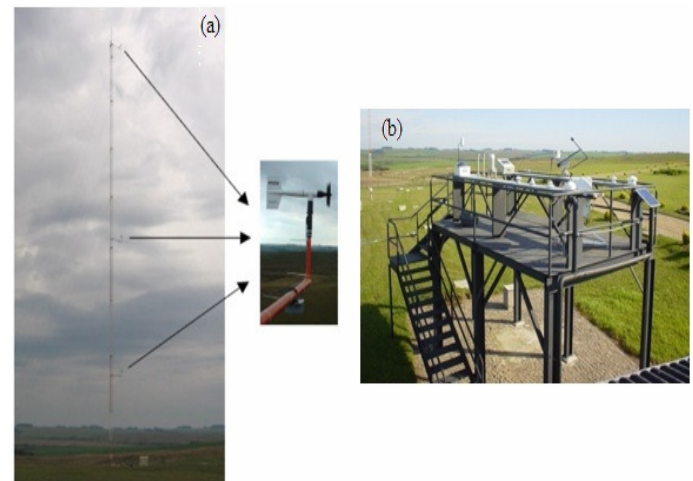


Figura 2 - (a) Torre anemométrica, com destaque para os anemômetros instalados a 10, 25 e 50 metros de altura; (b) Plataforma com os equipamentos da Estação SONDA em São Martinho da Serra – RS. A estação está em operação no Observatório Espacial do Sul (29°26'34"S, 53°49'23"O), do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais.

Quadro 1. Principais equipamentos instalados nas estações da rede SONDA

Piranômetro CM 21 (Kipp & Zonen)	Aquisição de dados de irradiação solar global horizontal na faixa espectral de 0,3 μm a 2,8 μm .
Piranômetro CM 22 (Kipp & Zonen)	Aquisição de dados de irradiação solar difusa horizontal na faixa espectral de 0,2 μm a 3,6 μm .
Pireliômetro NIP (Eppley Laboratory, Inc)	Aquisição de dados de irradiação solar direta num plano normal à incidência da radiação.
Pirgeômetro PIR (Eppley Laboratory, Inc)	Aquisição de dados de irradiação de onda longa na faixa espectral de 3,5 μm a 50 μm .
LUX Lite (Kipp & Zonen)	Aquisição de dados de iluminância
PAR Lite (Kipp & Zonen)	Aquisição de dados de irradiação fotossinteticamente ativa (PAR), na faixa espectral de 400 nm a 700 nm.
Total Sky Imager TSI-440 (YES, Inc)	Imageador do céu para determinação da fração de cobertura de nuvens.
Sensor de Temperatura e Umidade do Ar Mod. 41372 (R. M. Young Company)	Aquisição de dados de temperatura e umidade relativa do ar.
Sensor Temperatura do Ar Modelo 41342 (R. M. Young Company)	Aquisição de dados de temperatura do ar através de um sensor de platina.
Sensor de Pressão Barométrica PTB101 (Vaisala)	Aquisição de dados de pressão na faixa de 600 mb a 1060 mb, utilizando um sensor capacitivo.
Anemômetro Modelo 05106 (R. M. Young Company)	Aquisição de dados de velocidade horizontal e direção do vento no intervalo de 0 até 60 m/s.

Neste estudo, as integrais diárias das irradiâncias solar global e difusa serão representadas apenas por H e H_d , respectivamente. O Pireliômetro NIP mede a irradiância solar direta em um plano normal à direção de incidência da radiação, enquanto que os piranômetros medem a irradiância solar em um plano horizontal, independente da direção de incidência. Desta forma, faz-se necessária uma transformação para determinar a irradiância solar direta horizontal por meio da multiplicação dos valores medidos a cada minuto pelo cosseno do ângulo zenital nesse instante, determinado através da Equação (1).

$$\cos \theta_s = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos(h) \quad (1)$$

onde φ representa a latitude do sítio em questão; δ é a declinação solar, definida como o ângulo entre o plano da órbita da Terra e o plano da linha do

Equador; e h é o ângulo horário. As curvas diárias da irradiância solar direta normal e horizontal são apresentadas, respectivamente, na Figura 3 (a) e (b).

Grande parte das medidas de irradiação solar em superfície contempla apenas a aquisição de dados da componente global em virtude dos custos elevados envolvidos com a compra e operação dos sensores para coleta de dados de irradiação difusa e direta. A aquisição de dados para essas componentes de irradiação solar requer o uso de rastreadores que acompanham o movimento do Sol. Em medidas de irradiação difusa é necessário sombrear o sensor e evitar a incidência direta da luz solar no equipamento. Para a aquisição de dados de irradiação direta, é necessário que o equipamento esteja sempre direcionado para a posição do Sol a fim de garantir apenas a incidência direta da radiação solar sobre o sensor. Contudo, o conhecimento da componente

difusa encontra aplicações em diversos ramos da atividade humana incluindo o setor energético e arquitetura (Guarnieri, 2006). Maiores detalhes sobre os equipamentos para coleta de dados de irradiação solar podem ser obtidas em <sonda.cptec.inpe.br> ou <cesesb.cepel.br/tutorial/tutorial_solar>.

A irradiação solar total que atinge o topo da atmosfera (TOA) durante o período de um dia, referenciada por H_0 , pode ser calculada através da Equação (2).

$$H_0 = \frac{I_{sc}}{\pi} \left(\frac{d_m}{d} \right)^2 [h_0 \text{sen}(\varphi) \text{sen}(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \text{sen}(h_0)] \quad (2)$$

onde I_{sc} é a constante solar, cujo valor é de aproximadamente 1368 W/m^2 ; $(d_m/d)^2$ é o fator de correção de excentricidade da órbita da Terra, sendo d_m a distância média entre a Terra e o Sol e d a distância para o dia específico; e h_0 representa o ângulo horário ao nascer e pôr do Sol.

Segundo Liu e Jordan (1960), pode-se definir a limpidez da atmosfera, no que se refere à presença de material particulado que atenua a radiação solar, através do índice K_t que representa a relação entre a irradiação solar global que atinge a superfície e a irradiação solar incidente no topo da atmosfera (TOA), Equação (3).

$$K_t = \frac{H}{H_0} \quad (3)$$

O índice K_t varia entre 0 e 1, sendo estes extremos representativos de uma atmosfera totalmente transparente à radiação solar ($K_t = 1$) e totalmente opaca ($K = 0$). É usual a definição de que o céu está completamente nublado para valores de $K_t < 0,3$, estará parcialmente nublado para valores $0,3 < K_t < 0,7$, e as condições de céu claro (sem nebulosidade) são observadas para valores de $K_t > 0,7$ (Iqbal, 1983), conforme representado na Figura 4.

Além do índice K_t , os parâmetros K e K_d representam, respectivamente, a razão entre a irradiação solar difusa e a irradiação solar global, e a

razão entre a irradiação solar difusa e a irradiação incidente no TOA, definidos de acordo com as Equações (4).

$$K = \frac{H_d}{H} \quad K_d = \frac{H_d}{H_0} \quad (4)$$

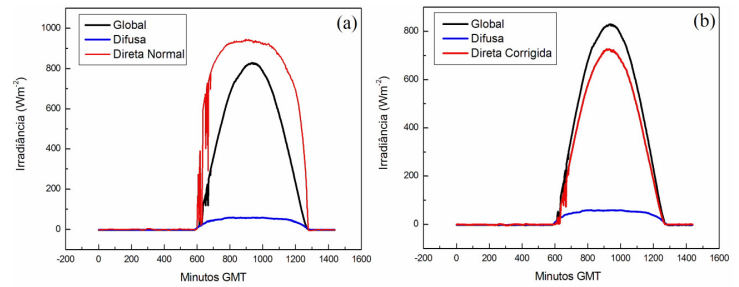


Figura 3 - Gráfico comparando as medidas de irradiação solar global e difusa horizontais com as medidas de irradiação solar direta normal (a) e horizontal (b) coletadas na estação localizada no Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra – RS, no dia 28/08/2007.

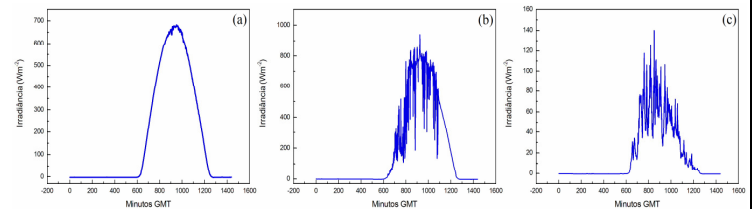


Figura 4 - (a) Irradiação solar global em condições de céu claro observada em São Martinho da Serra (RS) no dia 01/08/2007; (b) irradiação solar global para um dia com céu parcialmente nublado observada em São Martinho da Serra no dia 07/08/2007; e (c) irradiação solar global em um dia nublado observada em São Martinho da Serra (RS) no dia 03/08/2007.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram desenvolvidos modelos estocásticos para estimar a irradiação difusa a partir de dados de irradiação solar global utilizando dados de oito estações da Rede SONDA listadas no Quadro 2, juntamente com o período de dados utilizado. O uso dos parâmetros K e K_t tiveram o intuito de eliminar a sazonalidade da série de dados de irradiação solar coletados em campo. Um modelo regional também foi desenvolvido para todo o território brasileiro empregando os dados coletados

nas mesmas oito estações de superfície. O intuito foi comparar o desempenho de modelos locais com o de um modelo regional.

Quadro 2 - Estações da Rede SONDA utilizadas no estudo.

<i>Estação SONDA</i>	<i>Período de dados</i>
Brasília (DF) 15°36' S, 47°43' O, 1023m	08/2004 a 12/2006
Campo Grande (MS) 20°26' S, 54°32' O, 677m	01/2007 a 04/2008
Florianópolis (SC) 27°36' S, 48°30' O, 12m	08/2004 a 04/2005
Natal (RN) 5°50' S, 35°12' O, 58m	01/2007 a 04/2008
Ourinhos (SP) 22°57' S, 49°54' O, 446m	02/2006 a 05/2008
Palmas (TO) 10°11' S, 48°22' O, 48m	01/2006 a 08/2008
Petrolina (PE) 09°04' S, 40°19' O, 387m	07/2004 a 08/2007
São Martinho da Serra (RS) 29°44' S, 53°48' O, 489m	04/2006 a 11/2007

Todos os modelos foram desenvolvidos empregando 70% dos dados disponíveis. Os 30% dos dados restantes foram utilizados para a validação e análise do desempenho dos modelos descrita mais adiante.

O estudo também compara os resultados obtidos neste estudo com o desempenho de modelos desenvolvidos para outras regiões do planeta a fim de demonstrar a necessidade de desenvolvimento de modelos próprios e adequados para as condições ambientais observadas no Brasil. O modelo desenvolvido para a estação SONDA localizada em São Martinho da Serra foi comparado com dois modelos estocásticos originalmente desenvolvidos para regiões específicas dos Estados Unidos e Canadá e aplicados em diversos estudos publicados na literatura (Iqbal, 1983; Bashahu, 2003). Ruth e Chant (1976) desenvolveram um modelo empírico, descrito na Equação (5), para estimativa de K a partir de valores medidos de K_t (denominado neste estudo por Modelo RC). Os pesquisadores Collares – Pereira

e Rabl (1979) desenvolveram um modelo empírico semelhante, aqui denotado por CPR, conforme descrito em (6).

$$\frac{H_d}{H} = \begin{cases} 0.98 & (K_t \leq 0.1) \\ 0.910 + 1.154K_t - 4.936K_t^2 + 2.848K_t^3 & (0.1 \leq K_t \leq 0.7) \end{cases} \quad (5)$$

$$\frac{H_d}{H} = \begin{cases} 0.99 & (K_t \leq 0.17) \\ 1.188 - 2.272K_t + 9.473K_t^2 - 21.856K_t^3 + 14.648K_t^4 & (0.17 \leq K_t \leq 0.8) \end{cases} \quad (6)$$

O desempenho dos modelos numéricos é avaliado por meio de comparação das estimativas por

eles fornecidas com dados coletados em superfície. Para a avaliação dos modelos, faz-se necessário o uso de métricas estatísticas como, por exemplo, os desvios apresentados entre as estimativas fornecidas pelos modelos e os dados coletados nas estações de superfície. Neste estudo foram calculados os desvios estatísticos MBE (*Mean Bias Error*) e RMSE (*Root Mean Square Error*), definidos em (7).

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)}{N} \quad RMSE = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2}{N} \right\}^{1/2} \quad (7)$$

onde x_i e y_i representam, respectivamente, os valores de irradiação solar medidos e estimados, e N representa o número total de medidas empregadas na análise. O desvio estatístico MBE, também conhecido como desvio médio (ou viés), fornece informações sobre a generalidade das estimativas de um modelo quanto à superestimativa ($MBE > 0$) ou subestimativa ($MBE < 0$) da irradiação solar na superfície. O valor do desvio RMSE está relacionado com a dispersão entre os valores estimados e observados nas estações de superfície decorrentes de erros não sistemáticos. Os valores dos dois desvios fornecem informações relevantes para avaliar a real confiabilidade das estimativas fornecidas por um modelo numérico. Os desvios estatísticos MBE e RMSE podem ser divididos pelo valor médio das observações de campo a fim de expressar os valores percentuais em relação ao valor médio da irradiação solar medida em superfície.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme descrito anteriormente, os parâmetros K e K_t foram calculados utilizando os totais diários de irradiação solar observadas nas oito estações da rede SONDA indicadas no Quadro 2, com os períodos de dados disponíveis em cada uma das estações. Um modelo estocástico foi desenvolvido para cada localidade adotando metodologia semelhante à empregada no desenvolvimento dos modelos empíricos RC e CPR (Ruth e Chant, 1976; Collares-Pereira e Rabl, 1979). Também foi desenvolvido um modelo regional (Modelo ALL) para o território brasileiro utilizando os dados disponíveis em todas as oito estações

SONDA utilizadas neste estudo.

A Tabela 1 apresenta os modelos estocásticos desenvolvidos neste estudo. A Tabela 2 apresenta os desvios MBE e RMSE apresentados pelas estimativas dos modelos locais e regional. Os desvios estatísticos apresentaram comportamentos distintos nas diversas localidades. Especificamente, o modelo ALL adaptou-se melhor para as estações de Petrolina, Florianópolis e Campo Grande, e apresentou confiabilidade mais reduzida para as estações de Natal e Palmas onde apresentou desvios sistemáticos superiores a 10%. O modelo superestimou a irradiação difusa em Campo Grande, Ourinhos e Palmas e subestimou em Brasília, Florianópolis, Natal e São Martinho da Serra. O modelo ALL apresentou menor desvio MBE para Petrolina. O comportamento gráfico dos modelos estocásticos locais e regional em conjunto com os dados coletados nas estações SONDA é apresentado nas Figuras 5 a 12.

Os modelos empíricos RC e CPR foram aplicados para a localidade de São Martinho da Serra (RS) com o intuito de comparação do desempenho dos modelos desenvolvidos neste estudo para essa localidade. A Tabela 4 apresenta os desvios MBE e RMSE observados para os quatro modelos aplicados a São Martinho da Serra. A Figura 13 apresenta as curvas dos modelos empíricos RC, CPR e SMS para comparação.

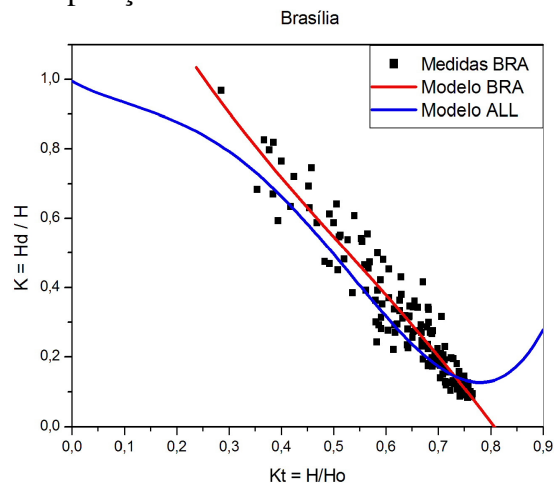


Figura 5 - Modelos regional ALL e local BRA aplicados à estação SONDA de Brasília.

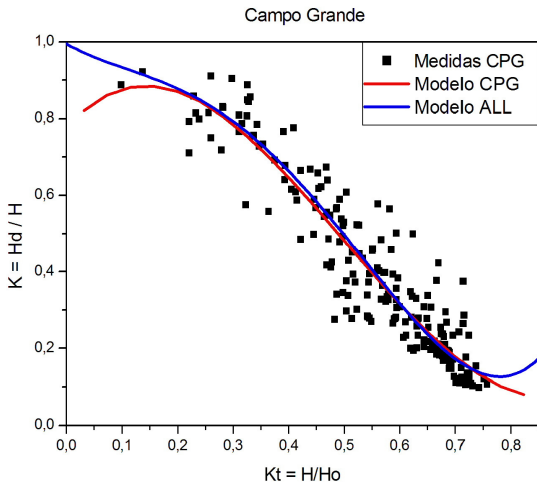


Figura 6 - Modelos regional ALL e local CPG aplicados à estação SONDA de Campo Grande.

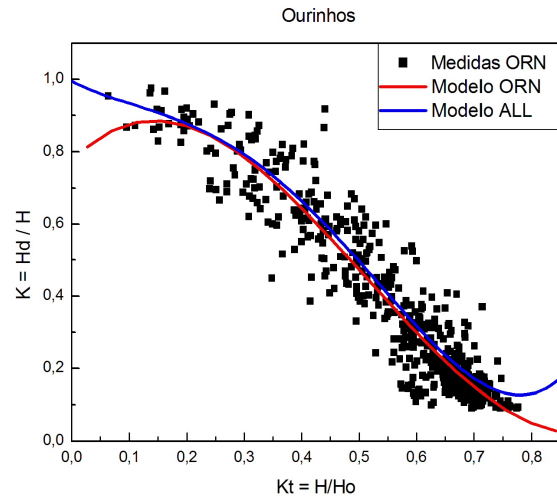


Figura 9 - Modelos regional ALL e local ORN aplicados à estação SONDA de Ourinhos.

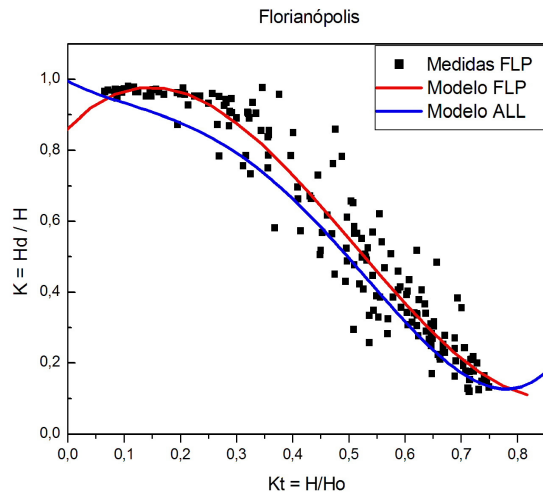


Figura 7 - Modelos regional ALL e local FLP aplicados à estação SONDA de Florianópolis.

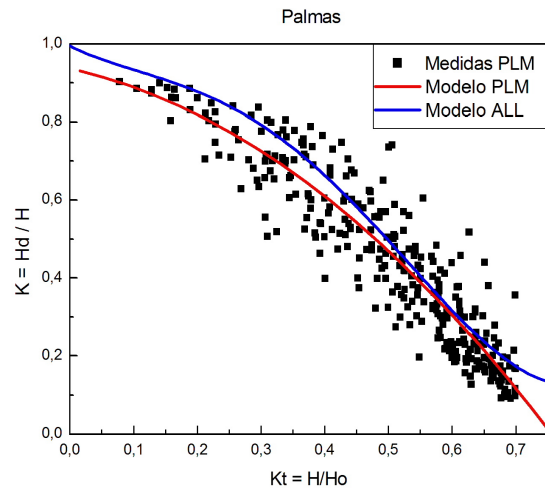


Figura 10 - Modelos regional ALL e local PLM aplicados à estação SONDA de Palmas.

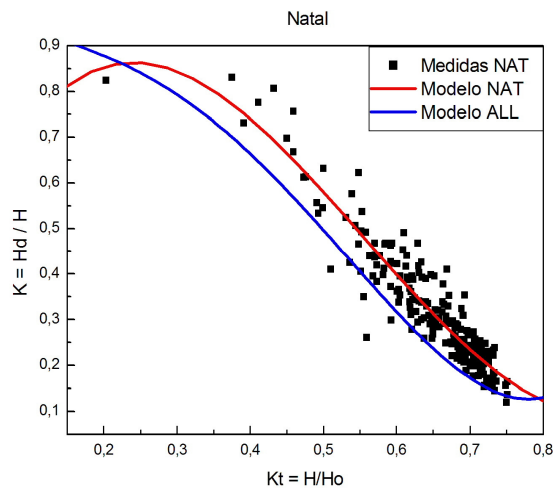


Figura 8 - Modelos regional ALL e local NAT aplicados à estação SONDA de Natal.

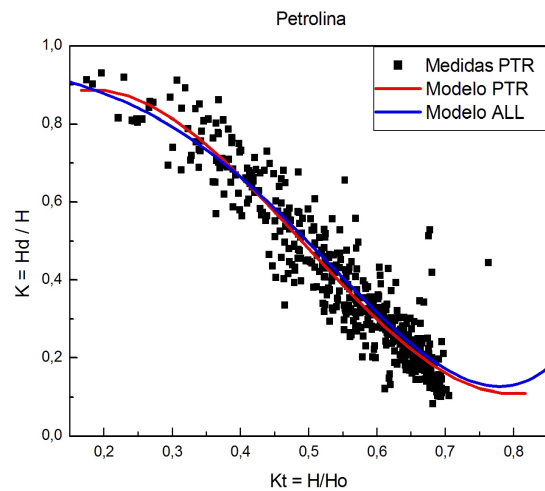


Figura 11 - Modelos regional ALL e local PTR aplicados à estação SONDA de Petrolina.

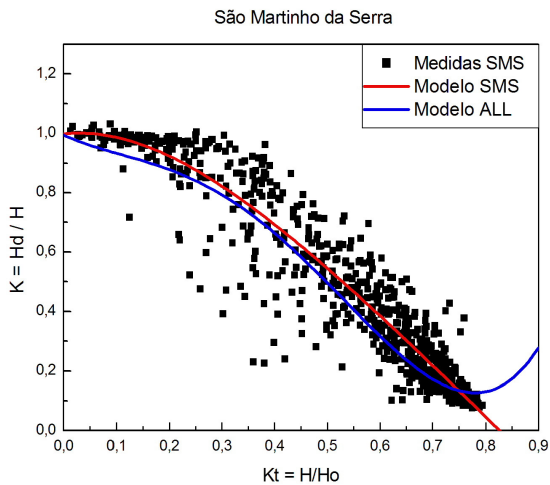


Figura 12 - Modelos regional ALL e local SMS aplicados à estação SONDA de São Martinho da Serra

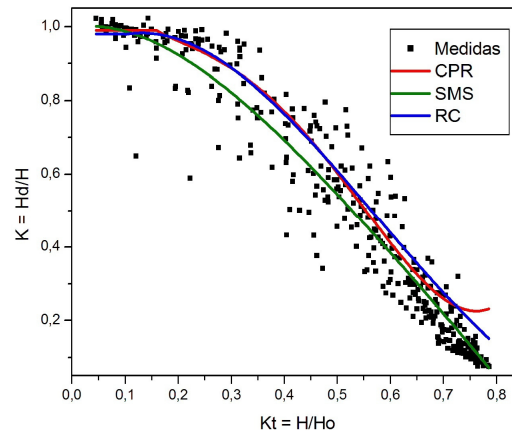


Figura 13 - Comparação entre estimativas do índice K para a localidade de São Martinho da Serra utilizando os modelos empíricos CPR, RC e SMS

Tabela 1 - Modelos estocásticos locais desenvolvidos para as estações SONDA selecionadas neste estudo.

<i>Estação SONDA</i>	<i>Modelo Empírico</i>
Brasília (BRA)	$1,68 - 3,457 * K_t + 3,683 * K_t^2 - 2,936 * K_t^3 + 0,589 * K_t^4$
Campo Grande (CPG)	$0,775 + 1,629 * K_t - 6,637 * K_t^2 + 4,415 * K_t^3$
Florianópolis (FLP)	$0,863 + 1,648 * K_t - 6,369 * K_t^2 + 3,192 * K_t^3 + 0,925 * K_t^4$
Natal (NAT)	$0,445 + 3,835 * K_t - 10,178 * K_t^2 + 6,100 * K_t^3$
Ourinhos (ORN)	$0,773 + 1,670 * K_t - 6,741 * K_t^2 + 4,403 * K_t^3$
Palmas (PLM)	$0,937 - 0,364 * K_t - 1,107 * K_t^2 - 0,064 * K_t^3$
Petrolina (PTR)	$0,640 + 2,937 * K_t - 9,863 * K_t^2 + 6,701 * K_t^3$
São Martinho da Serra (SMS)	$0,999 + 0,189 * K_t - 3,342 * K_t^2 + 2,75 * K_t^3 - 0,91 * K_t^4$
Regional Brasileiro (ALL)	$0,995 - 0,812 * K_t + 2,992 * K_t^2 - 10,995 * K_t^3 + 8,54 * K_t^4$

Tabela 2 - Desvios estatísticos apresentados pelas estimativas dos modelos locais e regional (Modelo ALL) quando comparado com os valores coletados nas estações da Rede SONDA empregadas no estudo.

<i>Estação SONDA</i>	<i>Modelos Locais</i>		<i>Modelo Regional</i>	
	<i>MBE [%]</i>	<i>RMSE [%]</i>	<i>MBE [%]</i>	<i>RMSE [%]</i>
Brasília (BRA)	4,49	21,26	-8,47	21,40
Campo Grande (CPG)	5,46	17,72	3,15	19,38
Florianópolis (FLP)	2,69	16,95	-9,33	17,50
Natal (NAT)	9,60	22,29	-16,33	24,20
Ourinhos (ORN)	7,44	21,36	7,46	22,33
Palmas (PLM)	8,84	26,31	11,02	23,48
Petrolina (PTR)	-7,24	17,78	0,58	17,31
São Martinho da Serra (SMS)	-0,73	15,83	-8,35	21,98

De modo geral, verifica-se boa confiabilidade dos modelos empíricos. No entanto, esses modelos apresentam discrepâncias maiores quando os valores do índice K_t são superiores a 0,7. Nesta condição, os modelos RC e CPR superestimam as medidas enquanto que o modelo SMS consegue simular o comportamento do parâmetro K em função de valores de K_t . Provavelmente os modelos RC e CPR foram desenvolvidos em regiões onde existe maior presença de constituintes atmosféricos com elevados coeficientes de espalhamento da radiação solar. A Tabela 4 apresenta os desvios estatísticos apenas para dias de céu claro, com $K_t > 0,7$. No entanto, não foi possível o estudo do caráter sazonal dos desvios em dias de céu claro uma vez que a ocorrência desta condição ocorre principalmente nos meses de inverno.

Uma análise sazonal do desempenho dos três modelos foi realizada e os desvios encontrados estão apresentados na Tabela 5. Observou-se que o modelo SMS apresentou os menores desvios MBE% para todos os períodos do ano. Em geral, os modelos superestimaram a irradiação difusa na superfície. O modelo SMS mostrou pequenos desvios MBE% durante a Primavera e o Verão, mas apresentou superestimativa no Outono e subestimativa durante o Inverno quando o clima é mais seco e a quantidade de aerossóis na atmosfera é superior e apresenta maior variabilidade.

Adicionalmente, nota-se que os desvios RMSE são maiores durante a Primavera e Verão. As causas de desvios RMSE maiores devem ser investigadas, mas a hipótese inicial é que estejam relacionados à maior variabilidade da nebulosidade ao longo do dia nestas estações do ano. Em resumo, os desvios estatísticos apresentados na Tabela 4 indicam que o modelo SMS destaca-se pela sua significativa maior confiabilidade na previsão dos parâmetros de irradiação solar. Apesar de apresentar desvios MBE três vezes superior ao obtido com o modelo local, o modelo regional mostrou melhor desempenho que os modelos RC e CPR, exceto para o inverno quando subestimou a irradiação de forma muito intensa. Essa subestimativa é atribuída ao fato de que a região de São Martinho da Serra apresentar uma quantidade muito menor de aerossóis durante a estação seca do que outras localidades utilizadas no estudo, principalmente quando comparado com as estações em Campo Grande, Palmas, Brasília e Ourinhos onde

há grande influência de queimadas nesse período do ano.

Tabela 4. Desvios estatísticos calculados para os modelos CPR, RC e SMS em dias de céu claro para a localidade de São Martinho da Serra

<i>Modelo</i>	<i>MBE%</i>	<i>RMSE%</i>
CPR	77,52	83,55
RC	61,51	66,82
SMS	11,03	28,72
ALL	7,16	30,39

Tabela 5. Desvios estatísticos calculados para os modelos empíricos CPR, RC e SMS nas diferentes estações do ano para São Martinho da Serra.

<i>Mode lo</i>	<i>Desvios</i>	<i>Prim avera</i>	<i>Verão</i>	<i>Outono</i>	<i>Inver no</i>	<i>Anual</i>
CPR	MBE%	14,06	11,20	11,69	3,30	9,90
	RMSE%	23,88	23,24	19,26	13,26	19,11
RC	MBE%	13,14	12,72	13,18	3,25	10,68
	RMSE%	21,94	23,15	20,34	12,55	19,89
SMS	MBE%	0,86	0,17	2,18	-4,90	-0,73
	RMSE%	17,01	19,44	15,07	12,80	15,83
ALL	MBE%	8,67	-9,30	-7,00	-	-8,35
	RMSE%	14,60	22,4	16,70	11,46	17,25
					17,25	21,98

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, PETROBRÁS e à FINEP pelo suporte financeiro e a todas as pessoas envolvidas na instalação e manutenção das estações da Rede SONDA. Agradecimento especial à equipe do Laboratório de Instrumentação Meteorológica (LIM/INPE) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais que presta todo o suporte de manutenção das estações da rede SONDA.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bashahu, M. 2003. Statistical comparison of models for estimating the monthly average daily diffuse radiation at a subtropical Africa site. *Solar Energy*, v.75, p.43-51.
- Collares-Pereira, M.; Rabl, A. 1979. The average distribution of solar radiation correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values. *Solar Energy*, v.22 n.2, p.155-164.
- Dave, J.V.; Canosa, Z. 1974. A direct solution of the radiative transfer equation: application to atmospheric models with

arbitrary vertical non-homogeneous. *Journal of Atmospheric Science*, v.31, p.1089-1101.

Guarnieri, R.A. 2006. Emprego de redes neurais artificiais e regressão linear múltipla no refinamento das previsões de radiação solar do modelo Eta. Master thesis. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 171p.

Iqbal, M. 1983. *An introduction to solar radiation*. Academic Press, Canada. 390p.

Kerschgens, M.; Pilz, U.; Rashcke, E. 1978. A modified two-stream approximation for computations of the solar radiation budget in a cloudy atmosphere. *Tellus*, v.30 n.5, p.429-435.

Lenoble, J. 1985. *Radiative transfer in scattering and absorbing atmospheres: standard computational procedures*. A. Deepak Publishing, Virginia, 420p.

Liou, K. 1976. On the absorption, reflection and transmission of solar radiation in cloudy atmospheres. *Journal of Atmospheric Sciences*, v.33, p.798-805.

Liou, B.Y.H.; Jordan, R.C. 1960. The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation. *Solar Energy*, v.4 n.3, p.1-19.

Martins, F.R.; Pereira, E.B.; Abreu, S.L.; Colle, S. 2007. Satellite-derived solar resource maps for Brazil – SWERA Project. *Solar Energy*, v.81, p.517-528.

Pereira, E.B.; Martins, F.R.; Abreu, S.L.; Rüther, R. 2006. *Atlas brasileiro de energia solar*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 60p.

Perez, R.; Seals, R.; Zelenka, A. 1997. Comparing satellite remote sensing and ground network measurements for the production of site/time specific irradiance data. *Solar Energy*, v.60 n.2, p.89-96.

Raschke, E. 1972. Multiple scattering calculations of the transfer of solar radiation in an atmosphere-ocean system. *Beiträge zur Physik der Atmosphäre*, v.45, p.1-19.

Ruth, D.W.; Chant, R.E. 1976. The relationship of diffuse radiation to total radiation in Canada. *Solar Energy*, v.18 n.2, p.153-154.



USO DE PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA DELIMITAÇÃO DE ÁREA EFETIVAMENTE INUNDÁVEL: ESTUDO DE CASO DO BAIXO CURSO DO RIO BENEVENTE ANCHIETA - ES

USE OF PRODUCTS OF REMOTE SENSOR FOR ZONING OF FLOODING AREA: STUDY OF CASE OF THE LOW COURSE OF RIVER BENEVENTE ANCHIETA - BRAZIL

André Luiz Nascentes Coelho
Professor do Depto. de Geografia/CCHN/UFES
Coordenador do Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias
alnc.ufes@gmail.com

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo principal apresentar uma proposta de análise geográfica integrada para a delimitação de área sazonalmente inundável a partir do maior registro de precipitação mensal dos últimos trinta anos e uso de técnicas de Sensoriamento Remoto (SR). Os resultados foram satisfatórios, pois permitiram, delimitar a área efetivamente inundável, confrontar usos e compreender a dinâmica destas áreas alagáveis em questão. Tal metodologia possibilita o uso em outras áreas inundáveis que apresentem as mesmas características ambientais, constituindo-se numa importante ferramenta no auxílio do ordenamento do território.

Palavras-chave: Geotecnologias, Áreas Inundáveis, Ordenamento Territorial e Ambiental.

ABSTRACT

The present article has as objective main to present a proposal of geographic analysis integrated for the delimitation of eventual flooding area from the biggest monthly precipitation register of last the thirty years and use of techniques of remote sensing. The results had been satisfactory, therefore they had allowed, to delimit the effectively subject to flooding area, to collate uses and to understand the dynamics of these areas you flooded in question. Such methodology makes possible the use in other subject to flooding areas that present the same ambient characteristics, consisting in an important tool in the aid of the order of the territory.

Keywords: Geotechnologies, Flood Area, Territorial Planning

1. INTRODUÇÃO

Os estudos contemporâneos com enfoque físico-ambiental e o emprego de geotecnologias possuem relevância no escopo das geociências, pois, a partir deles, é possível entender as condições gerais da dinâmica da paisagem, contribuindo para o desenvolvimento de prognósticos e interpretações geoambientais (Lang et al. 2009). Um exemplo é a espacialização e análise de áreas vulneráveis à inundação, no auxílio de tomadas de decisões, pois se dispondo do zoneamento dessas áreas, pode-se designá-las usos mais adequados.

Atualmente, com o acesso aos produtos obtidos de sensores orbitais, como imagens multitemporais e dados interferométricos, é possível elaborar diversos produtos, dentre eles, mapas de declividades, curvas de nível, modelos sombreado do terreno, destacando a arquitetura do relevo (estruturas, modelados, rede de drenagens, hierarquia de drenagens, entre outros), em diversas escalas (locais, regionais e continentais) proporcionando diversos tipos de análises no âmbito dos estudos geoambientais (Fitz, 2008; Valeriano, 2008; Ross, 2006; Silva, 2003; Florenzano, 2008, 2007 e 2005).

Em face deste cenário geotecnológico, o presente artigo teve como objetivo principal delimitar uma área encoberta sazonalmente pelas águas (áreas inundadas) com auxílio de ferramentas de SIG (Sistema de Informações Geográficas) integrada com produtos e técnicas de sensoriamento remoto no baixo curso do rio Benevente, município de Anchieta, Espírito Santo. Como objetivos específicos: identificar a maior precipitação mensal com base na série histórica de 30 anos; destacar as principais etapas de aquisição e tratamento de produtos orbitais como as imagens do sensor CCD (Couple Charged Device) do satélite CBERS-2B (China-Brazil Earth Resources Satellite) e dados do projeto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission); realizar uma análise geográfica integrada considerando os fatores socioambientais, em especial a dinâmica das águas superficiais da área de estudo; verificar a viabilidade / eficiência da aplicação de estudos temporais com o emprego de imagens do satélite CBERS-2B fundidas ao Modelo Numérico do Terreno auxiliando a delimitação de áreas

sazonalmente inundadas; difundir o uso integrado e a aplicação das geotecnologias referentes aos produtos derivados do sensoriamento remoto em estudos geográficos, e no auxílio nas tomadas de decisões, a exemplo da proposição de usos mais adequados da região de estudo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos foram divididos em duas etapas: Primeira, aquisição de referencial bibliográfico e documentos abordando a temática, tais como: artigos, periódicos; cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE escala 1:50.000 correspondente ao dobramento das folhas/nome SF-24-V-A-VI-2 (Alfredo Chaves), SF-24-V-A-VI-1 (Matilde), SF-24-V-A-VI-3 (Rio Novo do Sul) e SF-24-V-A-IV-4 (Rio Novo do Sul); documentos e mapas Geológicos, Geomorfológicos, Pedológicos do Projeto Radambrasil, Volume 32 (1983); pesquisa da série histórica das precipitações mensais mais expressivas na região junto ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER, 2010).

Segunda, aquisição e tratamento das imagens orbitais digitais gratuitas com resolução espacial de 20 x 20m do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), satélite CBERS-2B/CCD, órbita 149, ponto 123, datas de passagem 24/02/2010 e 02/12/2008, respectivamente (período após a maior precipitação mensal na região); dados do radar interferométrico da missão SRTM no site da Embrapa <relevobr.cnpm.embrapa.br>, cena SF-24-V-B com 90 metros de resolução espacial, abrangendo a área de estudo; Shapes / Planos de Informações: Infraestrutura urbana e rural, cursos d'água, massa de água (lagoas, barragens e oceano) bacias e sub-bacias hidrográficas, rodovias marcos geodésicos adjacentes (IBGE); pólo industrial de Anchieta, áreas de interesse de conservação (PMA, 2006); registro fotográfico em campo, registro de pontos de interesse com aparelho receptor de GPS (Global Positioning System) Garmin Série H e software ArcMap 9.3.1.

A organização dos dados vetoriais teve início com a criação de um projeto no SIG e a adição dos Shapes / Planos de Informações (PIs) abrangendo a

região do baixo Benevente e adjacências ajustados, quando necessário, no sistema de projeção UTM, Datum SIRGAS-2000 Zona 24 Sul com todo o mapeamento produzido seguindo a padronização cartográfica.

A organização e tratamento dos dados raster iniciou-se com o processamento dos dados interferométricos, realizando o recorte do dado SRTM para a área de estudo e adjacências, através da função *extract by mask*. Após o recorte, foi gerado o modelo sombreado do terreno (*hillshade*).

O Processamento Digital da Imagem (PDI) iniciou-se com o ajuste da iluminação, rotinas de realce, seguida da composição (*composit bands*) das imagens de cada ano (2008 e 2010) do satélite CBERS-2B, nas bandas RGB colorido falsa-cor com a combinação da banda 2 associada ao filtro azul, banda 3 ao filtro verde e a banda 4 ao filtro vermelho (2B; 3G; 4R), correspondendo, respectivamente, aos comprimentos de ondas verde, vermelho e Infravermelho próximo.

Nesta composição foram realçadas as características da água (tons de cinza escuro ao preto), do solo e áreas urbanizadas (tons azul) enquanto a vegetação apresenta tons de vermelho. Para a geração do mapa utilizou-se somente a banda 4 de cada ano com o objetivo de destacar a área efetivamente inundada em tons de cinza a preto.

Em seguida as imagens de cada ano foram registradas / georreferenciadas (*Georeferencing*) e retificadas geometricamente com Pontos de Controle Terrestres (PCTs), tomando como base os marcos geodésicos do IBGE (código- localização 93767-Anchieta e 93765-Guarapari) e em coordenadas obtidas por GPS, seguida da criação de uma máscara / plano de informação abrangendo a área e adjacências com posterior recorte da imagem através da função *extract by mask*.

O próximo passo foi a realização do processo de interpretação visual comparando as imagens compostas e na banda 4, posteriormente, digitalização dos alvos de interesse (área inundada em 2008) utilizando a técnica de edição vetorial do SIG. Nesse procedimento de delimitação foram considerados os elementos básicos de interpretação como: textura, tonalidade / cor, forma, tamanho, padrão, localização e sombra, seguida do cálculo da área e percentual de área inundada conforme

proposta de Jensen (2009).

Essa técnica de interpretação possibilitou uma melhor definição da área inundada que foi posteriormente validada com campanhas de campo utilizando GPS e registro fotográfico.

2.1. Localização e Caracterização da Área de Estudo

O município de Anchieta possui 20.226 habitantes (IBGE, 2009), situa-se na região litorânea do sul do Espírito Santo, a 73 km de Vitória, integrando a Região Metropolitana Expandida Sul do Espírito Santo.

Compreende uma área 406,5 km² de extensão, que se estendem desde a orla marítima até as encostas da serra, limitando-se com os municípios de Piúma, ao sul, Alfredo Chaves, a oeste e Guarapari, ao norte (Figura 1).

A área de estudo está localizada no baixo curso do rio Benevene, (IEMA, 2004), porção centro-sul do município, ambiente caracterizado por uma complexa rede hidrográfica interligada, com o destaque na margem direita, o córrego Mambuaca, córrego do Cedro, córrego São Lourenço, córrego Arrozal, córrego Bela Vista, rio Pongal, córrego Três Barras, córrego Itapeúna e córrego Arerá.

Na margem esquerda tem importância o rio Grande, rio Salinas (Figura 2), córrego Baiuano, córrego Laranjeira, córrego Taquara do Reino, córrego Buião, além de uma série de canais interligados.

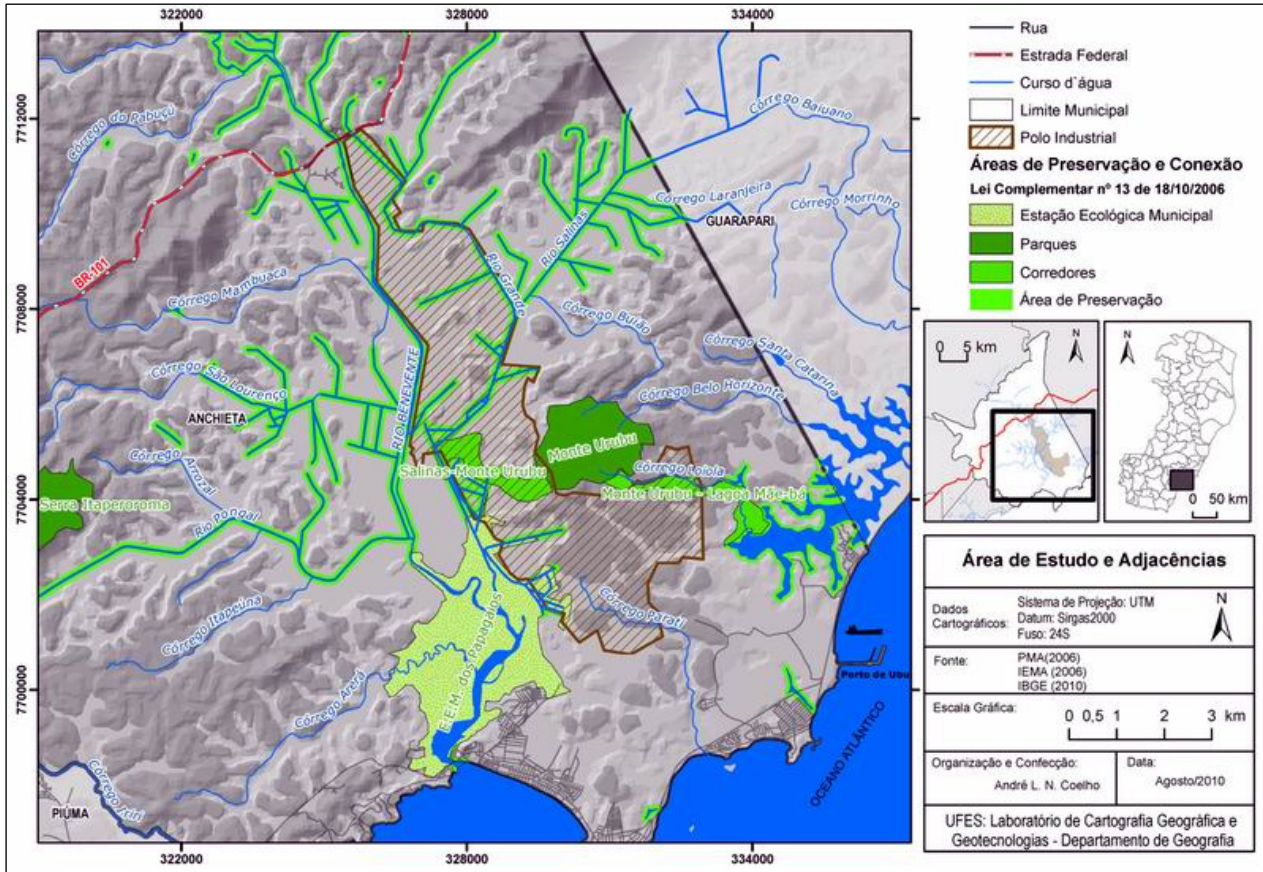


Figura 1 – Localização e características do baixo curso do rio Benevente no estado do Espírito Santo. Destaque para a rede hidrográfica e as áreas de preservação e conexão, pólo industrial e porto



Figura 2 – Trecho do rio Salinas em direção as Ruínas de Salinas atração turística. Em segundo plano a porção serrana do território. Notar a presença da vegetação ciliar em ambas as margens.
Foto: cortesia de Ellis Costa Jesus



Figura 3 – Ruínas do Rio Salinas.

Foto: cortesia de Caio Mantovanelli Valli



Figura 4 – Porto cidade de Anchieta e em segundo plano a Estação Ecológica Municipal dos Papagaios.

Foto: cortesia de Ellis Costa Jesus

Do ponto de vista geoambiental, é considerada uma área com atributos naturais relevantes, entre eles a originalidade e conservação do ambiente, o elevado valor arqueológico (sambaquis / ruínas do rio Salinas, Figura 3) e cênico da região, com boa parte da área naturalmente submetida a eventos à inundação.

Na área de estudo e entorno destacam-se o Parque Monte Urubu, Parque Serra de Itaperoroma e a Estação Ecológica Municipal dos Papagaios (Figura 4), além das áreas de conexão como o Corredor Salinas – Monte Urubu e o Corredor Monte Urubu – Lagoa Mãe-Bá, todos resguardados por lei municipal (PMA, 2006)

Do ponto de vista sócio-econômico é caracterizada como uma região estratégica de topografia plana, na sua maior parte, alvo dos empreendedores pela proximidade com importantes eixos modais de entrada e escoamento de produtos, como a BR-101, que se interliga com outra importante via, a BR-262, além de situar-se próxima ao Porto de Ubu.

Em função dessas características a secretaria de desenvolvimento do estado Espírito Santo publicou em 10 julho de 2007 o Decreto Estadual n° 1.247-S criando o Pólo Industrial de Serviços de Anchieta, na margem esquerda do Baixo Benevente abrangendo parte das áreas protegidas por lei municipal (n°. 13, de 18 de Setembro de 2006), prevendo uma série de investimentos como a criação de um novo porto; ampliação do parque de pelotização, terminal de apoio offshore / petróleo e gás, ramal da ferrovia litorânea sul, complexo metalmeccânico, termelétrica, ramal de gasoduto, fornecedores, prestadores de serviços.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 5 é apresentado a banda / canal 4 (infravermelho próximo) da área de estudo e adjacências (municípios de Guarapari e Piúma) do dia 24/02/2010 no período de relativa estiagem e em 02/12/2008 inundado, respectivamente, que serviram de base no processo de análise, interpretação e vetorização da área efetivamente inundada.

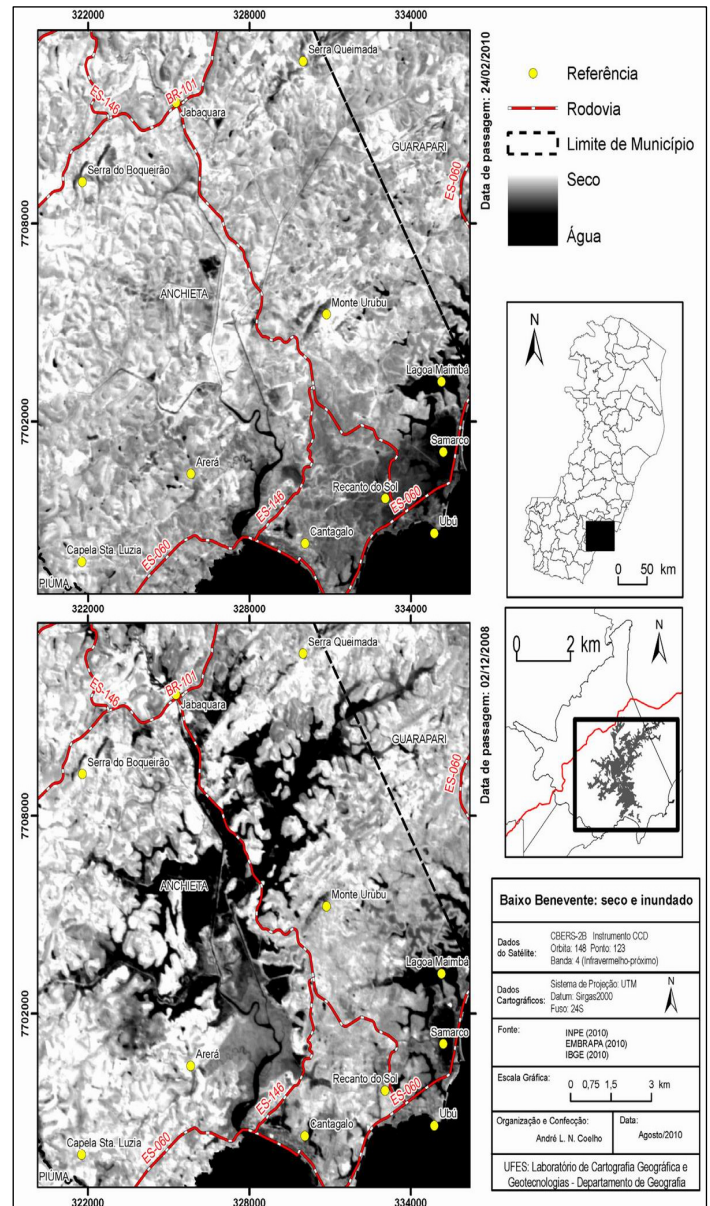


Figura 5 – Imagens CBERS banda 4 do baixo curso do rio Benevente. Imagem superior representa o período de estiagem com data de passagem em 24/02/2010 e na inferior após o período chuvoso em 02/12/2008 respectivamente.

A Figura 6 apresenta a delimitação da área efetivamente inundada, com base na precipitação mais expressiva dos últimos trinta anos (novembro de 2008) compreendendo, além do território de Anchieta, parte do município de Guarapari.

A porção inundada no município de território, enquanto o município vizinho, Anchieta abrange uma área de 41,1 km² apenas de 1,9 km² (Tabela 1). correspondente a 10,11% da área total do

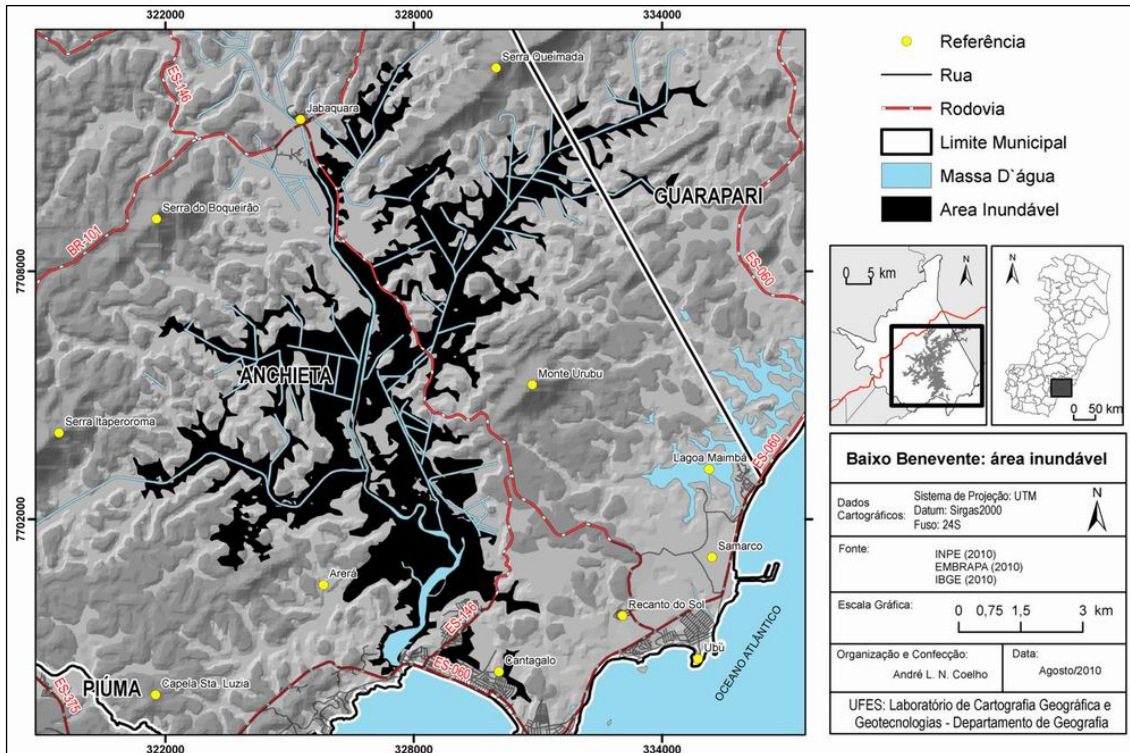


Figura 6 – Modelo sombreado do terreno e área delimitada com base em imagens de satélites e campanhas de campo

Tabela 1 - Características da imagem adquirida em período inundado

Satélite / Instrumento	Composição	Data da Passagem	Município	Área Total do Município km ²	Área Inundada km ²	Percentual
CBERS-2B/CCD	3B; 4G; 2R	02/12/2008	Anchieta	406,5	41,1	10,11
			Guarapari	592,7	1,9	0,32
Totais				999,2	43,0	10,43

3.1 – Confronto de Usos: Pólo Industrial, Áreas de Preservação e Conexão e Área Inundada.

Na sequência foram cruzadas as informações da área prevista para o pólo industrial de Anchieta, com as áreas de proteção (corredores, estação

ecológica e APPs) previstos no Plano Diretor Municipal (Lei complementar nº 13 de 18/10/2006) e área efetivamente inundável conforme Figura 7 e Tabela 2 no município de Anchieta.

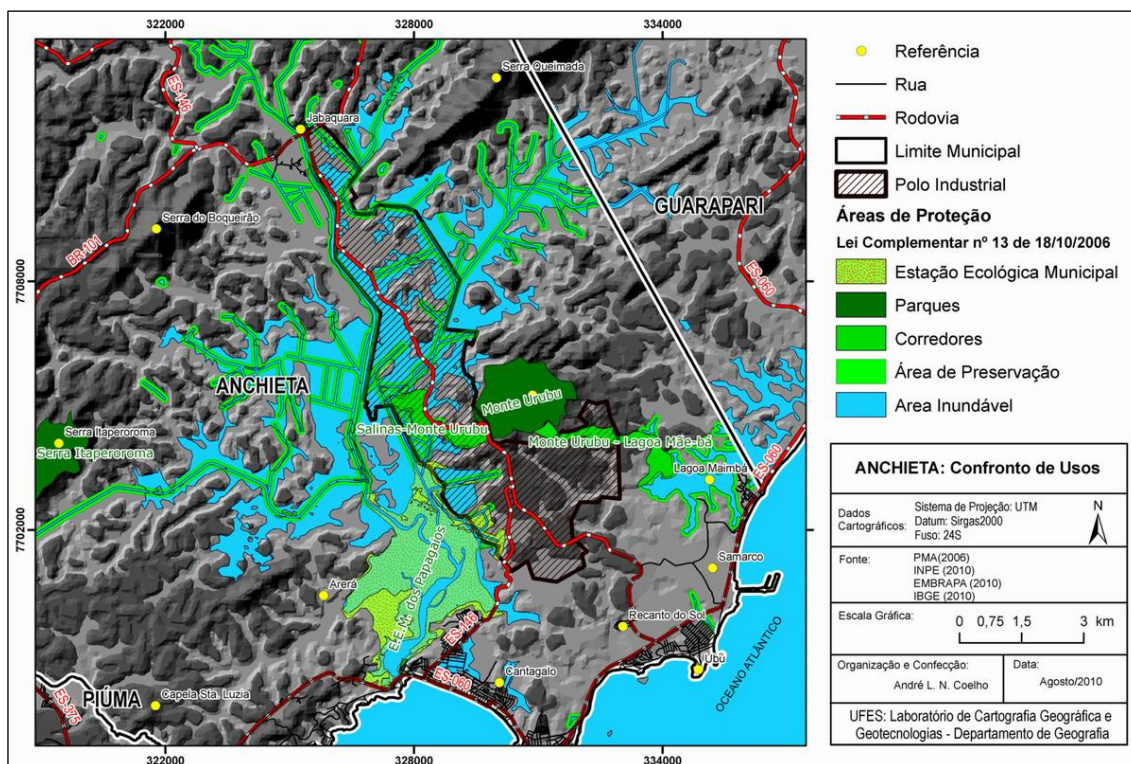


Figura 7 – Confronto de usos entre pólo industrial, áreas de preservação e conexão e área inundada no baixo curso do rio Benevente

Tabela 2 – Confronto de áreas no interior do Pólo Industrial de Anchieta

Descrição	Área km ²	Percentual
Área do pólo industrial	25,16	100
Estação ecológica e Parque Monte Urubu no interior do pólo	1,2	4,77
Corredores no interior do pólo industrial	1,98	7,87
Área de Preservação Permanente no interior do pólo	4,52	17,97
Área inundável no interior do pólo industrial	8,39	33,35
Área total do município	406,5	

A análise revela que 30,61% das áreas interiores do pólo são protegidas pela lei municipal que trata do Plano Diretor Municipal de Anchieta (Lei Complementar nº 013/2006). Numa análise mais detalhada, considerando Leis de competência estadual e federal a área é ainda maior, a exemplo do Art. 2º da lei da Mata Atlântica (Lei Federal nº 11.428/2006) que faz menção a *brejos interioranos*. A respectiva área ainda é resguardada pela Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002, incisos IV e X do Art 3º que faz referência aos ambientes *brejoso, encharcado e de manguezal*.

Já a área efetivamente inundada no interior do pólo é de 8,39 km² (33,35%), abrangendo parte dos principais cursos/canais como o rio Salinas, rio Grande e rio Benevente.

3.2 - Observações Complementares

A área delimitada do ponto de vista geológico-geomorfológico abrange terrenos do quaternário, configurando-se como uma planície litorânea com depósitos aluvionares, fluvio-marinhos, marinhos e ocorrência de brejos e pântanos (Radambrasil, 1983). Com relação a sua gênese, a referida área é parte do processo evolutivo das planícies costeiras/litorâneas quaternárias, sugerido por Dominguez et al. (1981), no trecho entre Macaé (RJ) e Recife (PE), que tem como característica marcante de modelado a presença das planícies fluvio-lactustres quaternárias e serras pré-cambrianas compostas por rochas cristalinas.

Em sua proposta, Dominguez et al. (1981) apresenta um modelado dividido em 8 estágios (A a H), representando, em “F”, a formação e evolução das planícies costeiras e flúvio-marinhas quaternárias na costa leste do Brasil relacionada a uma série de eventos, sobretudo, das variações eustáticas e climáticas ocorridas no decorrer do período Quaternário.

Este estágio “F” foi caracterizado pelo o máximo da última transgressão (Transgressão Santos), ocorrida entre 6.000 e 7.000 anos Ap. O nível médio relativo do mar chegou próximo ao atual e, a seguir, passou por um máximo, situado a 4 a 5m acima do atual. (Dominguez et al. 1981; e Ab`Sáber 2003). Isto é, no máximo da última transgressão o

mar estendia-se além da área de estudo.

As manchas de solos predominantes na área delimitada são: 1) Glei Pouco Húmico (Gleissolos Háplicos) e, 2) Solonchak Sódico (Gleissolos Sálcos) na área de manguezal, ambos com ocorrência de tiomorfismo (Embrapa, 1999 e Radambrasil, 1983).

O Tiomorfismo observado na área de estudo é uma particularidade de hidromorfismo, indica alterações morfológicas e químicas nos solos, impostas pelo excesso de água no perfil (encharcamento). Nestas condições o arejamento torna-se deficiente o que condiciona lenta decomposição da matéria orgânica por microrganismos anaeróbios, provocando seu acúmulo. Estes organismos transferem elétrons do carbono orgânico para outros elementos como o ferro e o manganês, reduzindo-os. Na forma reduzida estes elementos são mais solúveis, portanto, mais móveis no perfil, podendo inclusive, causar toxidez para as plantas. A ausência de Fe³⁺ (forma oxidada) ou o predomínio de Fe²⁺ (forma reduzida) faz com que o solo desenvolva cores acinzentadas (gleizadas, daí o nome gleização também usado para este processo) abaixo de um horizonte mais escuro rico em matéria orgânica (Resende, et. al, 2007). Os solos tiomórficos caracterizam-se por altos teores de enxofre sob a forma de sulfetos exalando um mau cheiro característico e ocorrem em depressões litorâneas e manguezais como a da área estudada.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo integrado dos elementos e processos socioambientais na região do baixo rio Benevente e adjacências, fica evidente a susceptibilidade a eventos sazonais de inundação, constituindo-se numa área de amortecimento de cheias com dinâmica de escoamento superficial das águas lântico nos eventos de precipitações concentradas, como ocorreu no mês de novembro de 2008.

Constitui-se também a referida região, do ponto de vista ambiental num ecossistema de importância para a reprodução de espécies como no mangue da Estação Ecológica Municipal dos Papagaios, sobretudo da fauna, com elevada fragilidade à perturbações a exemplo de aterros, dragagens e queimadas. Apresenta ainda um elevado

valor histórico-cultural, arqueológico (ocorrência de sambaquis), além do valor cênico da região e entorno como o Parque Monte Urubu, Parque Serra de Itaperoroma, o mangue da Estação Ecológica Municipal dos Papagaios, e as áreas de conexão como o Corredor Salinas – Monte Urubu; Corredor Monte Urubu – Lagoa Mãe-Bá, somando um conjunto de atributos com elevado potencial para o turismo e pesquisas.

Do ponto de vista jurídico, a respectiva área é resguardada por Leis como da Mata Atlântica (Lei 11.428, de 22 de Dezembro de 2006), Plano Diretor Municipal de Anchieta (Lei complementar Nº. 13, de 18 de setembro de 2006) e resolução (Resolução Conama nº 303, de 20 de março de 2002), portanto não recomendável à expansão do perímetro urbano ou criação de pólo / área industrial.

Em relação aos efeitos ou impactos potenciais, merece destaque, em especial, os efeitos nos recursos hídricos, dada a complexidade da dinâmica das águas superficiais da região, sendo: alteração do regime hidrológico e nível do lençol freático em decorrência das mudanças no escoamento superficial e infiltração pela construção de vias, obras de drenagem e parcelamentos; contaminação do lençol freático por efluentes domésticos e/ou industriais, ou ainda por acidente industrial ou de veículo de carga transportando substâncias tóxicas. Outro fator ainda a ser considerado é a extensão dos efeitos / impactos, pois todo o escoamento das águas superficiais verte em direção da Estação Ecológica Municipal dos Papagaios, de elevada importância para manutenção da fauna e flora, consequentemente daqueles que dela dependem diretamente como os catadores e pescadores, além de comprometer a balneabilidade das praias adjacentes como a praia dos Castelhanos, Guanabara, Santa Helena, entre outras.

Ainda, com relação aos recursos hídricos, existem outros riscos caso a área delimitada seja ocupada. Mesmo que ocorram obras de engenharia de drenagem que evitem inundações, futuramente a mesma necessitará de manutenção com dragagens periódicas gerando custo extra para o município, uma vez que o processo de sedimentação/assoreamento é rápido nesses ambientes de planícies.

Outro aspecto, relacionado a inundação, diz respeito à influência da maré. Mesmo com obras de drenagem e manutenção do canal em dia, num evento

de marés altas de sizígia, a região será inundada com as águas pluviais, não havendo como as águas escoarem em direção a embocadura.

Exemplo de área com as mesmas características de topografia, parcialmente parcelada, sujeitas a inundações é a região do baixo rio Jucu no município de Vila Velha, atingindo nesses eventos o bairro Pontal das Garças (Figura 8).

Nesses locais a inundação é relativamente rápida, potencializada pela impermeabilização do solo por construções e vias, havendo com isso o escoamento rápido para o canal principal levando-o a transbordar.

A metodologia de delimitação de área sazonalmente inundada com uso de imagens temporais do satélite CBERS-2B mostrou-se satisfatória podendo ser aplicada em regiões com morfologias semelhantes a da área de estudo, a exemplo das planícies do rio Doce, rio Itabapoana, rio Itapemirim, entre outras no estado e do Brasil, constituindo-se numa importante informação no auxílio das tomadas de decisões como o ordenamento mais adequado dessas paisagens



Figura 8 – Região do baixo rio Jucu, município de Vila Velha-ES com morfologia semelhante à área de estudo, parcialmente parcelada, sujeita eventos de inundações como o bairro Pontal das Garças (seta).

Fonte: Jornal A Tribuna - Vitória-es - 04/1 2/2008, Pg 6 – Caderno Cidades – Leonel Albuquerque.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apóio à pesquisa intitulada *Identificação dos referenciais da paisagem urbana contemporânea: uma contribuição metodológica* e a Fundação de

Amparo à Pesquisa do Espírito Santo FAPES pelo apoio à pesquisa intitulada a *Transformação da paisagem urbana contemporânea em fronteiras de expansão metropolitanas: o caso de Anchieta (ES)*

Agradecimento especial à coordenadora dos projetos Prof. Dra. Eneida Maria Souza Mendonça e aos alunos Ellis Costa Jesus e Caio Mantovanelli Valli pelo apoio na pesquisa de campo e disponibilização do material fotográfico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ab`Sáber, A.N. 2003. Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas, São Paulo, Ed. Ateliê Editorial. 160p.

Brasil. 2002. Ministério do Meio Ambiente - MMA Resolução CONAMA 303 de 20/03/2002 - Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

Brasil. 2006. Lei Federal nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006, Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica (Lei da Mata Atlântica).

Dominguez, J.M.L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Martin, L. 1981. Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE-AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). Revista Brasileira de Geociências, nº 11, p. 225-237.

Embrapa. 2010. Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. Disponível em: <relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acessado em 04/07/2010.

Embrapa. 1999. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: EMBRAPA. 412 p.

Fitz, P.R. 2008. Geoprocessamento sem Complicação, São Paulo, Ed. Oficina de Textos. 160p.

Florenzano, T.G. 2008. Geomorfologia, conceitos tecnologias atuais. Editora: Oficina de textos, São Paulo. 318p.

Florenzano, T.G. 2007. Uso de Imagens no Estudo de Fenômenos Ambientais in: Iniciação em Sensoriamento Remoto: Imagens de satélites para estudos ambientais. 2ª Ed. São Paulo: Oficina de Textos. p. 57 – 65.

Florenzano, T.G. 2005. Geotecnologias na Geografia Aplicada: difusão e acesso, Revista do Departamento de Geografia, USP nº 17, ISSN 0102-4582. pp. 24 – 29.

IBGE, 2010, Shpes/Planos de Informação: Infra-estrutura urbana e rural, cursos d'água, massa de água (lagoas e barragens) bacias e sub-bacias hidrográficas, bairros, vias

urbanas e interurbanas, marcos geodésicos adjacentes. Disponível em: <mapas.ibge.gov.br> Acessado em 9/07/2010.

IBGE. 2009. Censo demográfico (estimativa).

IBGE. 1970. Cartas Topográficas escala 1:50.000 SF-24-V-A-VI-2 (Alfredo Chaves), SF-24-V-A-VI-1 (Matilde), SF-24-V-A-VI-3 (Rio Novo do Sul) e SF-24-V-A-IV-4 (Rio Novo do Sul).

INPE. 2010. Imagens do satélite CBERS2 - câmera/sensor CCD, Órbita 149, ponto 123, - datas de passagem 24/02/2010 e 02/12/2008. Disponível em: <dgi.inpe.br/CDSR/>. Acessado em 26/07/2010.

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER. 2010. Dados Climáticos.

Instituto Estadual de Meio Ambiente – IEMA. 2004. Unidades Administrativas de Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo (CD-Rom).

Jensen, J.R. 2009. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres, Editora Parêntese, São José dos Campos, SP, 598p.

Lang, S.; Blaschke, T. 2009. Análise da Paisagem com SIG. tradução Hermann Kux, São Paulo, Oficina de Textos. 424 p.

Prefeitura Municipal de Anchieta - PMA. 2006. Plano Diretor Municipal de Anchieta. (LEI COMPLEMENTAR Nº. 13, DE 18 DE SETEMBRO DE 2006)

Radambrasil. 1983. Levantamento de Recursos Naturais. Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso Potencial da Terra. v. 32, Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro / Vitória. Rio de Janeiro: IBGE/Ministério das minas e energia – Secretaria Geral. 775 p.

Resende, M; Curi, N.; Rezende, S.B. de; Corrêa, G.F. 2007. Pedologia: Base para Distinção de Ambientes, 5 ed. Editora: Ufla. 322p.

Ross, J.L.S. 2006. Ecogeografia do Brasil, subsídios para o planejamento ambiental. 2006. Editora: Oficina de textos, São Paulo. 208p.

Silva, A. de B. 2003. Sistemas de Informações Georeferenciadas: conceitos e fundamentos. Campinas, SP: Editora UNICAMP.

Varleriano, M. de M. 2008. Dados Topográficos In: Florenzano, T.G. (org.) Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos. pp. 72-104.

INTER-RELAÇÕES ENTRE FATORES FÍSICOS E SOCIOECONÔMICOS NA DINÂMICA DE USO DA TERRA NO EXTREMO SUL DA BAHIA.

INTERRELATIONS BETWEEN PHYSICAL FACTORS AND SOCIO-ECONOMIC DYNAMICS OF LAND USE IN THE EXTREME SOUTHERN BAHIA.

Thiara Messias de Almeida
Universidade Estadual de Santa Cruz
thiaramessias@gmail.com

Amom Chrystian de Oliveira Teixeira
Universidade Estadual de Santa Cruz
amomteixeira@gmail.com

RESUMO

O desenvolvimento de atividades econômicas em uma região é condicionado por uma série de fatores inter-relacionados, dentre os quais se destacam os elementos econômicos, sociais e naturais. Estas inter-relações podem ser observadas na dinâmica de uso e ocupação da terra no extremo sul da Bahia. Devido à disponibilidade de atrativos naturais, a silvicultura tem provocado novas formas de acumulação capitalista e exploração da natureza, reconfigurando o espaço regional da área em questão. Este artigo tem como objetivo mostrar as relações entre os recursos naturais, econômicos e sociais na reconfiguração do espaço regional. Foram realizados levantamentos bibliográficos sobre as características naturais da região e de dados socioeconômicos, referentes à estrutura fundiária, uso da terra e dinâmica populacional dos últimos trinta anos, utilizando dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e da SEI (Superintendência de Estudos Sociais e Econômicos da Bahia). Foi observado, que as características naturais da região propiciaram prosperidade para o setor florestal que se desenvolveu ocupando extensas áreas de terra, provocando concentração fundiária, expressa pelo Índice de Gini. As transformações observadas foram ainda acompanhadas de migração da população do meio rural para o urbano em busca de melhores oportunidades.

Palavras-chave: celulose, atividades econômicas, desenvolvimento

ABSTRACT

The development of economic activities in a region is affected by a number of interrelated factors, among which are highlighted the economic, social and natural elements. These interrelations can be observed in the land use and occupancy dynamics, in the spaces of the extreme Southern Bahia. In this region, due to the natural attractions availability, forestry has been leading to new forms of capitalist accumulation and exploitation of nature, reconfiguring the regional space. This article aims to show the relationships between natural, economic and social resources in the reconfiguration of the regional space. For this, the work relied on literature surveys about the natural characteristics of the region and socioeconomic data, relating to land ownership, land use and population dynamics of the last thirty years, using data obtained from the IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics) and SEI (Superintendency of Social and Economic Studies of Bahia). It was observed that the natural characteristics of the region have brought prosperity to the forestry sector, which has developed itself, occupying large areas of land, causing land concentration, measured by the Gini Index. The observed transformations were also accompanied by migration of population from rural to urban in search of better opportunities.

Keywords: cellulose, economic activities, development

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de atividades econômicas em uma região é condicionado por uma série de fatores, destacando-se os de ordem econômica, social e natural. A existência de condições econômicas favoráveis como: mão-de-obra barata, estabilidade econômica e social, incentivos fiscais, existência de infra-estrutura adequada à produção e escoamento, irão contribuir para os investimentos de grandes grupos e empresas em determinadas atividades econômicas (Clemente, 1994; Stal, 2008). De modo semelhante, atua a existência de recursos naturais tais como solos, clima e relevo apropriados que influenciarão positivamente os investimentos

Atualmente, com o advento da revolução agrícola e industrial pela qual passou o campo brasileiro, os fatores naturais ainda exercem influência significativa na organização do espaço agrário. No modelo industrial adotado pela sociedade capitalista voltado para a produção de mercado, em curto prazo, os recursos naturais aparecem como forma de diminuir custos e potencializar lucros (Medeiros, 2009). Não fugindo a lógica capitalista de produção, a forma de construção espacial citada, pode ser observada nos últimos trinta anos na região do extremo sul da Bahia.

A atividade florestal e a produção de pasta de celulose têm se desenvolvido na região, produzindo uma nova vocação econômica, devido principalmente à disponibilidade de recursos naturais e a atuação do Estado como indutor da atividade. Esta nova vocação tem provocado novas formas de acumulação capitalista e exploração do território, modificando a dinâmica de uso da terra, a estrutura social, e a lógica de crescimento econômico.

Isso aconteceu porque no final dos anos de 1970, o governo federal passou a estimular a produção de papel e celulose no Brasil, destinados a atender o mercado externo (Souza e Oliveira, 2002a). Seguindo esta tendência, grupos madeireiros, principalmente do norte do Espírito Santo e Minas Gerais expandiram suas plantações para a região do extremo sul da Bahia devido à existência de atividades locais apresentadas como: condições edafoclimáticas favoráveis, disponibilidade de terras, mão-de-obra, incentivos governamentais ao capital privado e proximidade da

região com o Portocel, porto especializado na exportação de celulose, em Barra do Riacho-ES (CAR, 1994). Sendo a década de 1980, o marco de entrada desta atividade na região possibilitado pela construção da BR 101. Além disso, a disponibilidade de mão-de-obra barata e a debilidade sindical ofereciam à essa região uma vantagem competitiva quando comparada ao sudeste.

Essa nova forma de uso e apropriação dos recursos no extremo sul baiano alterou a paisagem regional e as formas dos grupos sociais manejarem a natureza, em busca de benefícios imediatos que geram lucros. Passa-se a explorar os recursos naturais com maior intensidade para a produção em massa voltada para a exportação, e os lucros produzidos reinvestidos fora do país.

O posterior crescimento e expansão do eucalipto no Extremo Sul foi possível principalmente por suas características naturais como topografia, pluviosidade, insolação, solos e disponibilidade de água que fizeram com que a região conseguisse a maior produtividade de madeira em toras para papel e celulose por hectare do mundo (Souza e Oliveira, 2002a).

O cultivo de eucalipto, junto à produção de papel e celulose causou um grande impacto na estrutura produtiva da indústria na região, dinamizando a economia pelo aporte de capital empregado, provocando mudanças socioeconômicas pelas novas formas de organização e uso do solo. Assim, percebe-se que a silvicultura vem produzindo relevantes transformações na reorganização e reprodução do espaço regional decorrentes das novas formas de exploração da natureza que estão sendo desenvolvidas. Este artigo tem como objetivo, mostrar as inter-relações entre os recursos naturais, econômicos e sociais na reconfiguração do espaço da região do extremo sul da Bahia ocorrida nos últimos trinta anos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho contou com levantamento bibliográfico das características naturais da região e levantamento de dados socioeconômicos de característica secundária referentes à estrutura fundiária, uso da terra e dinâmica populacional realizado junto ao IBGE (Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística) e a SEI (Superintendência de Estudos Sociais e Econômicos da Bahia). Para a caracterização das transformações socioeconômicas e dos processos decorrentes da implantação e expansão do cultivo de eucalipto no extremo sul da Bahia foi considerado o período referente aos últimos 30 anos, marco da introdução da eucaliptocultura na região, analisando as séries históricas de censos agropecuários e demográficos do IBGE, e informações disponíveis nesses órgãos de pesquisa.

2.1. Área de estudo

O Extremo sul da Bahia localiza-se entre as coordenadas geográficas de 15°45' a 18°30' de latitude sul e de 30°50' a 40°40' de longitude W, com uma área de aproximadamente 30.420 km², representando 5,42% do total do território estadual, compreendendo vinte e um municípios (CEI, 1992). É composta de 21 municípios: Alcobaça, Belmonte, Caravelas, Eunápolis, Guaratinga, Ibirapuan, Itabela, Itagimirim, Itapebi, Itamarajú, Itanhém, Jucuruçu, Lagedão, Medeiros Neto, Mucuri, Nova Viçosa, Porto Seguro, Prado, Santa Cruz de Cabrália, Teixeira de Freitas e Vereda. A Figura 1 apresenta o mapa de localização da região.

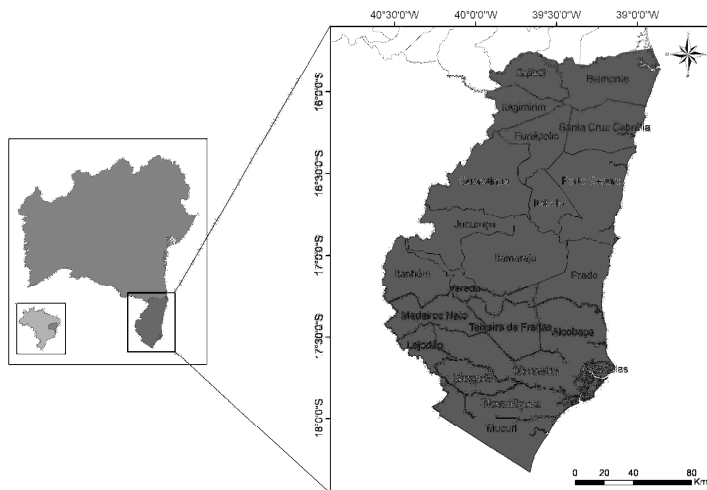


Figura 1 – Localização da região do extremo sul da Bahia.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A topografia é plana nas áreas de baixadas litorâneas e nas planícies aluviais, localizadas próximo ao litoral. Alguns municípios apresentam

planaltos rebaixados, atingindo até 250 metros; e nos pontos mais afastados da costa, com altitude média de 125 metros (Couto, 2004). Os sedimentos do Grupo Barreiras recobrem grande parte da área, principalmente ao longo do litoral. São assinaladas três unidade geomorfológicas: os Tabuleiros Costeiros sustentados pelos sedimentos terciários do Grupo Barreiras, as planícies flúvio-marinhas, constituídas por sedimentos quaternários, e a superfície Pré-Litorânea, formada por rochas pré-cambrianas, de idade mais antiga (Dantas e Medina, 2000).

Os tipos climáticos encontrados segundo a classificação de Köppen é o Af e Am, tropical úmido e o tropical sub-úmido, respectivamente. Na faixa costeira, o clima é do tipo Af, mais úmido devido à influência da maritimidade. O clima é quente com temperatura superior a 18°C (Bernardes et al., 2000).

Os principais rios que compõem as bacias hidrográficas do extremo sul da Bahia são: Buranhém, Alcobaça, Peruípe, Mucuri e Jequitinhonha. Na região, a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos estão diretamente relacionadas aos usos do solo e da água. O solo é utilizado com pastagens, reflorestamentos de eucalipto, agricultura, urbanização e atividades industriais, as quais são atividades econômicas que acabam comprometendo os recursos naturais (Santos e Silva, 2004).

A floresta que se localiza ao longo do litoral do Estado da Bahia é um ecossistema que apresenta feições variadas na estreita dependência dos índices pluviométricos e vai desde a floresta ombrófila densa, conhecida como Mata Atlântica à floresta estacional semi-decidual e à floresta estacional decidual (Alcoforado, 2003).

Os solos são bastante desenvolvidos e lixiviados devido ao alto índice pluviométrico que favorece a remoção de bases e sílica do perfil, sendo em sua maioria distróficos. Devido à baixa fertilidade natural, necessitam de adubação e correção de acidez, apresentando em condições naturais, aptidão agrícola para lavouras e pastagens (CRA, 2001). Predominam classes de solos como: os Latossolos Amarelos e Vermelho-Amarelos, Argissolos, Espodossolos, sobre os tabuleiros costeiros e os Latossolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro, sobre os terrenos cristalinos; e solos Aluviais, Gleis e Areias

Quartzosas sobre as planícies flúvio-marinhas (Dantas et al., 2002).

As riquezas naturais da região indicam potencialidades variadas, que se refletem nos padrões de uso da terra e na economia regional, a maioria das terras agricultáveis são utilizadas com pastagens, fruticultura e o eucalipto.

Várias são as culturas desenvolvidas na região, dentre as quais destacam-se: o cultivo do mamão, cana-de-açúcar, café, limão, maracujá, coco, melancia, mandioca e pimenta-do-reino (CAR, 1997). No entanto, o cultivo de eucalipto é a que apresenta o maior crescimento e evolução, devido a melhor adaptação da cultura as condições naturais, maior investimento do capital privado e mercado, incentivos estatais, inserindo a região nos circuitos dinâmicos da economia mundial (Carneiro, 1994)

A pecuária é desenvolvida em uma extensa área, ocupando territórios que no passado foram utilizadas com cultivos, como o cacau, e de floresta desmatada, representando 60% da área total da região (CAR, 1994). É realizada de forma extensiva, apresenta baixa produtividade, com concentração fundiária e ainda compromete os recursos naturais.

As condições edafoclimáticas são favoráveis ao cultivo de eucalipto que hoje possui a maior produtividade do mundo na região, chegando a 50 m³ de madeira por hectare/ano (Souza e Oliveira, 2002a). Os solos profundos dos tabuleiros, bastante evoluídos, favoreceram o bom desenvolvimento da cultura. O eucalipto introduzido como espécie exótica, não requer muitos nutrientes do solo para o seu crescimento, apresentando bom desenvolvimento nos solos de baixa fertilidade da região, necessitando de alguns insumos para atender as demandas nutricionais. A disponibilidade de água associada às condições de clima quente e úmido, com chuvas bem distribuídas ao longo de todo o ano e luminosidade, também favoreceram uma maior produção de biomassa e adaptação da espécie.

Outro aspecto físico que propiciou o desenvolvimento da silvicultura na região, foi o relevo plano dos topos dos Tabuleiros Costeiros, da Formação Barreiras do Terciário, com topografia favorável à mecanização. O cultivo de eucalipto é 100% mecanizado, desde plantio, tratos culturais e colheita. A técnica de plantio utilizada na região chama-se paisagem-mosaico, que significa cultivar

somente em áreas planas, nos platôs do relevo. O plantio mecanizado garante a uniformidade das extensas florestas homogêneas, reduzindo o percentual de replantio, garantindo a produção de madeira para abastecer as fábricas de celulose.

Na região, o reflorestamento concentra-se em uma vasta área ao sul do rio Jequitinhonha e a leste da BR-101, que foi intensamente desmatada e ocupada, posteriormente por pastagens e, hoje, pelas florestas homogêneas de eucalipto, cultivadas nos tabuleiros costeiros e em solos latossólicos de baixa fertilidade (CAR, 1997).

É importante salientar que as características naturais da região propiciaram prosperidade para a expansão do complexo florestal. Isso repercutiu em transformações socioeconômicas significativas. Este setor representa o vetor de crescimento para o estado nos próximos anos. As perspectivas se caracterizam por mais investimentos, principalmente para o aumento da capacidade produtiva (Souza e Oliveira, 2002b).

As três maiores empresas da região são: a Bahia Sul Celulose, Veracel Celulose e a Aracruz Celulose que produzem celulose branqueada a partir da fibra curta de eucalipto. A Bahia Sul Celulose possui uma unidade industrial em atividade no município de Mucuri, a Veracel no município de Eunápoles e a Aracruz em Nova Viçosa.

A implantação e o desenvolvimento dos empreendimentos florestais e agroindustriais da celulose e papel provocaram um grande impacto na organização socioeconômica regional, alterando as estruturas sócio-produtivas regionais e a dinâmica de uso da terra (Pedreira, 2004). As grandes florestas de eucalipto ocuparam grandes extensões de terras, provocando uma intensa concentração fundiária e substituição de áreas que antes eram destinadas a cultivos e a pastagem. A Tabela 1 apresenta os usos da terra na região no período de 1980-1996.

Tabela 1 – Utilização das terras no extremo sul da Bahia, 1980-1996. Fonte: Censos Agropecuários do IBGE.

USO DA TERRA	1980		1985		1995/96	
	Area (ha)	(%)	Area (ha)	%	Area (ha)	%
Lavouras permanentes	103083	4,94	137908	5,67	84647	4,71
Lavouras Temporárias	82225	3,94	98213	4,04	50208	2,79
Pastagens Naturais	747066	35,82	658242	27,07	472934	26,31
Pastagens Plantadas	535374	25,67	812011	33,39	774740	43,10
Matas e florestas Naturais	374451	17,95	379383	15,60	189966	10,57
Matas e florestas plantadas	30760	1,47	53457	2,20	66600	3,70
Terras em descanso e produtivas não utilizadas	212791	10,20	292601	12,03	158500	8,82
TOTAL	2085750	100	2431815	100	1797595	100

A redução da área de matas e florestas foi numa escala de 184.485 ha se considerado o período de 1980 a 1996. Em 1980 a área de vegetação natural representava 17,95% da área da região, este valor decresce para 10,57% em 1996, representando uma queda de 49,27%, representando os reflexos do desmatamento da Mata Atlântica, inicialmente causado pela exploração de antigos madeireiros e agropecuaristas e logo depois com o reflorestamento na década de 80 (Pedreira, 2004).

A área florestas plantadas em 1980 era de 30.760 ha e representava 1,47% da área da região. Em 1996 esse valor passa para 66.660, menos de 4%. Neste período a área desse uso obteve um aumento de 35.840 ha, representando um crescimento de 116,51% em dezesseis anos.

Segundo a CAR (1997), o desenvolvimento da silvicultura na região Sul deu-se após a sua inserção no Programa de Zoneamento Florestal do Estado, a criação do Fundo de Investimentos Setoriais - Fiset, em 1972, e a instituição do Plano Nacional de Papel e Celulose, pelo Governo Federal, mas somente a partir de 1980 apareceram os primeiros registros da existência de florestas plantadas na região.

As áreas de pastagens em 1980 representavam o uso da terra com maior área, com cerca de 1.282.440 ha e 61,49% da área da região. Em todos os períodos analisados, o uso com pastagem tanto natural quanto plantada, apresenta a maior participação, sendo que a área com pastagens plantadas é maior a partir de 1985, no entanto a área de pastagens no período 1980-1996 apresenta uma queda de 2,71% em sua área de 15,13% se considerado os anos de 1985-1996, uma redução de 222.579 ha.

O uso da terra com lavouras também apresenta uma queda no período analisado. Em 1980 este uso representava 8,88% da área, em 1996 este valor cai para 7,50%, apresentando uma queda de 27,23%. No entanto, de todos os usos analisados o que maior apresentou redução foi o uso com matas e florestas naturais. Vale salientar que o único que apresentou crescimento foi o uso com florestas plantadas. Segundo Almeida (2009), que mapeou áreas de silvicultura no Extremo Sul da Bahia, atualmente a região possui mais de 350 mil hectares plantados com eucalipto distribuídos entre as empresas.

O uso com pastagem domina o uso da terra atual na região; no entanto o cultivo de eucalipto para

a produção de celulose é a principal atividade desenvolvida e mais dinâmica, pois possibilitou a inserção da mesma nos cenários dinâmicos da economia internacional, através dos fluxos de exportação e está em amplo processo de expansão.

As formas de uso da terra ao longo desses últimos anos também repercutiram em transformações e modificações quanto ao número e tamanho das propriedades, uma vez que as empresas do setor necessitam de uma grande quantidade de terras produzindo para manter o funcionamento das indústrias. Para a atividade das empresas foi preciso aglutinar a maior quantidade possível de terra para suprir a demanda por madeira da fábrica.

Analisando o comportamento da estrutura fundiária da região através do Índice de Gini (Figura 2), observa-se uma expressiva concentração fundiária após a década de 70. O Índice de Gini é utilizado para analisar desigualdades, neste caso de distribuição de terras. Varia de 0 a 1, quanto mais próximo de zero maior a igualdade na distribuição das terras e quanto mais próximo de um, maior a desigualdade.

A concentração fundiária é preocupante, chegando em 1996 a 0,744. Se comparado o período de 1970-1996 o crescimento registrado é de quase 30%, mostrando uma grande concentração, e que esta vem aumentando cada vez mais após a década de 1970, coincidindo com a entrada da silvicultura na região.

O que se verifica é que a atual configuração da estrutura fundiária do extremo sul é explicada pelo processo histórico de ocupação e povoamento, que no último século esteve fortemente relacionada com a pecuária, e recentemente com a entrada da silvicultura acabou por aumentar esse problema.

Segundo o IOS (2005) a expansão de atividades extensivas, tais como a pecuária e o reflorestamento, são apontadas como principais causas da concentração fundiária e do êxodo rural na região.

No que se refere aos impactos fundiários das plantações de eucalipto, informações colhidas junto à Bahia Sul, dão conta de que ela necessita de uma área com plantio em torno de 70.000 ha de eucaliptos para tocar a sua planta industrial (Carneiro, 1994). Na década de 90, 6% dos estabelecimentos rurais do extremo sul possuíam quase 60% da área agricultável

da região.

As mudanças nos padrões de uso e ocupação da terra também repercutiram em transformações sócio-demográficas na região (SEI, 2003). Segundo Pedreira (2004), analisando as transformações sócio-econômicas no extremo Sul da Bahia em decorrência da introdução do cultivo de eucalipto, afirma que houve diminuição dos postos de trabalho no campo e a perda da importância do trabalho familiar devido às novas formas de uso da terra, forçando a população a migrar para as áreas urbanas dos municípios da região em busca de melhores oportunidades de vida.

Segundo o mais recente levantamento censitário realizado pelo IBGE de 2000, a Região Extremo Sul com um contingente populacional de 664.850 habitantes (Figura 3), é a sétima região do Estado da Bahia em porte demográfico (SEI, 2003). Nota-se um acelerado crescimento da população no período de 1980-2000 e uma migração acentuada do campo para a cidade na maioria dos municípios. A região é a segunda mais urbanizada da Bahia perdendo apenas para a Região Metropolitana de Salvador.

A população se distribui muito irregularmente entre os 21 municípios. Há um processo acelerado de crescimento populacional na região em apenas 20 anos. Em 1980 havia mais de 456.000 habitantes na região. A partir de 2000, este número passou para mais de 660.000 habitantes representado um crescimento de aproximadamente mais de 44%.

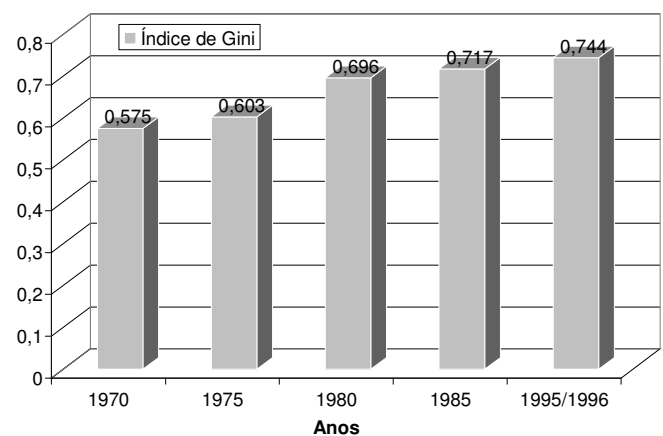


Figura 2 – Índice de Gini extremo sul da Bahia. Fonte: Censos Agropecuários apud Pedreira (2004).

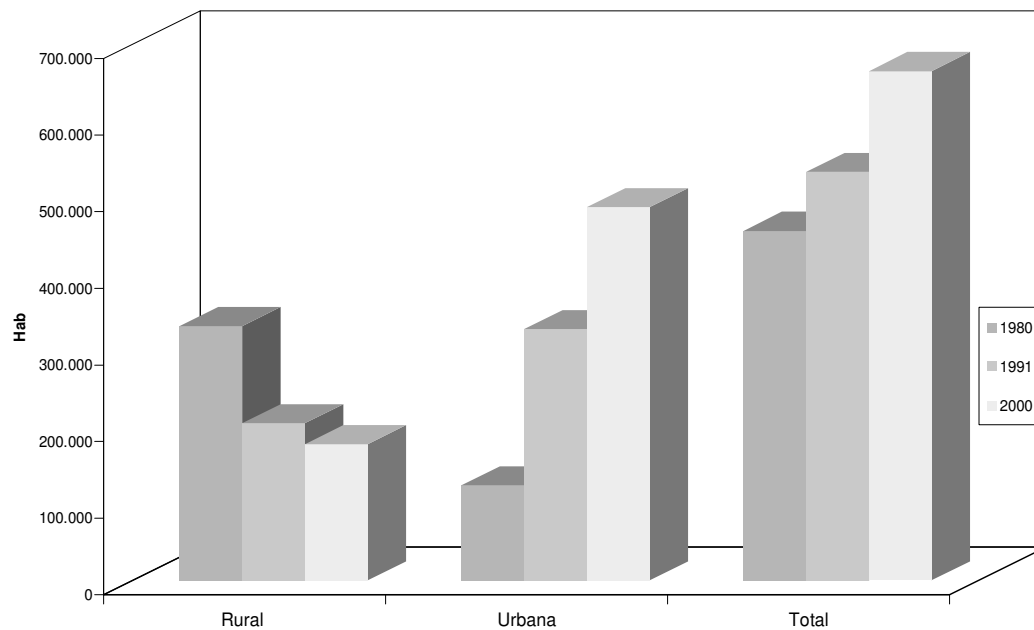


Figura 3 – População urbana-rural extremo sul da Bahia, 1980-2000. Fonte: Censos Demográficos IBGE *apud* SEI (2003).

A maioria da população da região vive na zona urbana. Apenas os municípios de Alcobaça, Caravelas, Guaratinga, Jucuruçu e Vereda possuem a maioria de seus habitantes residindo no

meio rural. É importante ressaltar que 60% dos municípios baianos possuem a maioria da sua população na zona rural e que no extremo sul, 19 municípios perderam população na zona rural.

Todos os municípios da região ampliaram a quantidade de pessoas vivendo nas cidades. Em relação ao grau de urbanização, observa-se que os municípios mais populosos em 2000: Teixeira de Freitas, Eunápolis e Porto Seguro – são os mais urbanizados da região. Os dois primeiros municípios possuem taxas superiores a 90%.

Os municípios de Belmonte, Caravelas, Guaratinga, Lajedão, Ibirapoã, Itanhém, Itamaraju, Itagimirim, Itapebi e Medeiros Neto apresentaram esvaziamento do meio rural. Os municípios de Porto Seguro e Santa Cruz Cabralia apresentaram crescimento da população rural que se encontra associado à expansão do turismo, que tem avançado sobre as áreas rurais destes municípios (SEI, 2003).

Nota-se que desde a década de 1980 há um crescimento expressivo da população urbana. Em 1980, a população rural era de 332.164 habitantes, representava mais de 80% da população total da região, enquanto que a urbana era de apenas 124.299 habitantes. A maior redução da população rural observada é no período até a década de 1990 com uma queda de 51%, coincidindo com período de expansão da silvicultura pela região.

Na década de 1980 observa-se um baixo grau de urbanização do extremo sul. É marcante a urbanização que ocorreu nas últimas décadas. Com a privatização do espaço rural, a alternativa para o trabalhador foi o meio urbano para conseguir condições de vida mais favoráveis, onde contribuiu para o inchamento das cidades, formando bairros periféricos, sem planejamento urbano (Machado, 1999).

Em 2000 a população urbana é de 423.943 habitantes, representando 77,3% da população total, havendo um crescimento de 291% em relação a 1980.

Em 2000 a população urbana da região era 239,60% maior que a rural.

Isso é um reflexo das consequências das medidas e condições adotadas no campo. As ONGs da região consideram que os projetos da indústria de celulose acentuaram o êxodo rural, a migração populacional, inchando as cidades e gerando problemas sociais (IOS, 2005).

Como reflexo do processo de urbanização, observou-se a perda de importância relativa do setor primário como absorvedor da mão-de-obra e aumento progressivo dos setores secundário e, sobretudo, terciário, na absorção dessa mão-de-obra (SILVA, 1993). O acoplamento da atividade de reflorestamento à produção industrial de papel e celulose, bem como a insumos deste ramo, resultou em novos impactos sócio-demográficos (SEI, 2003).

Os impactos causados pela implantação do cultivo de eucalipto resultaram em modificações sócio-demográficas, transferindo grande parte da população do campo para cidade, sendo atrativo populacional somente no período de instalação das fábricas.

4. CONCLUSÕES

A instalação e alta produtividade do eucalipto no extremo sul da Bahia foi possível devido às condições edafoclimáticas e recursos humanos da região, atrativos locais, que propiciaram prosperidade para o desenvolvimento da silvicultura com o investimento de grande capital por grupos econômicos. Observa-se que os recursos naturais encontram-se extremamente ameaçados devidos as atividades agropecuárias que estão sendo desenvolvidas.

O seguimento de celulose e papel tem provocado várias mudanças ou reorganização da esfera produtiva no espaço regional. Houve o direcionamento da população do meio rural para o urbano em consequência das mudanças nos padrões de uso da terra, que repercutiram em concentração fundiária gerada pelo capital empregado no campo, e redução das áreas de matas em decorrência da expansão da silvicultura.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcoforado, F. 2003. Os condicionantes do desenvolvimento do estado da Bahia. Tese (Doutorado em Planificación Territorial y Desarrollo Regional) - Universidade de Barcelona, Barcelona, 389p.
- Almeida, T. M. de. 2009. Cultivo de eucalipto no Extremo Sul da Bahia: modificações no uso da terra e socioeconômicas. Dissertação. (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 123p.
- Bernardes, M.S.; Lima, S.F.F.; Teramoto, E.R.; Righi, C.A.; Bernardes, A.S. 2000. Recuperação de solo degradado com sistema agroflorestal no extremo Sul da Bahia. In: XIII Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água, Ilhéus.
- Carneiro, R. A. F. 1994. A indústria de papel e celulose no Extremo Sul: estágio atual e perspectivas. Bahia análise e dados, Salvador, CEI, v.4, n.2/3, p.206-217.
- CEI - Centro de Estatísticas e Informações. 1992. Perfil da região econômica Extremo Sul. Salvador, (Série Perfis Regionais, 1) 64p.
- CRA - Centro de Recursos Ambientais. 2001. Bacia Hidrográfica do Extremo Sul. Portal do Sistema Estadual de Informações Ambientais da Bahia. 2001. Disponível em: <seia.ba.gov.br/SGDIA/transarq/arquivos/Bacia%20Hidrografica/...%202000/ARQUIVO/extremo_sul.pdf>. Acesso: 20, jun, 2007.
- Clemente, A. 1994. Economia Regional e Urbana. São Paulo: Ed. Atlas.
- CAR - Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional. 1994. Política de desenvolvimento para o extremo sul da Bahia. Salvador; 142p.
- CAR - Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional. 1997. Programa de Desenvolvimento Regional Sustentável - PDRS: Sul da Bahia - Salvador, 217p.
- Couto, E. A. 2004. Diagnóstico estratégico do Sul da Bahia. Revista eletrônica Cesesb, Itamaraju, v 3, n 2, p. 01-16.
- Dantas, M. E. & Medina, A. I. de M. 2000. Geomorfologia. Projeto Porto Seguro/Santa Cruz Cabrália. Salvador: CPRM-SUREG/AS.
- Dantas, M. E.; Medina, A. I. de M.; Shinzato, E. 2002. Geomorfologia da Costa do Descobrimento Extremo Sul da Bahia: municípios de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália. Augustus, Rio de Janeiro, v. 7, n. 14, p. 41-47, jan./jun.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Censos Agropecuários. Disponível em: <ibge.gov.br>. Acessado em: 15, set, 2005.

IOS - Instituto Observatório Social. 2005. Responsabilidade social na Veracel Celulose. Disponível em: <sask.fi/media/noudettavat/Veracel/veracelReIRS_jul2005vfr.pdf>. Acessado em: 03, jun, 2006.

Machado, G. B. 1999. Formação regional e movimentos sociais rurais no Extremo Sul da Bahia, nos anos 90. Disponível em: <gipaf.cnptia.embrapa.br/intens/publ/sober/trab254.pdf>. Acessado em: 05, jun, 2006.

Medeiros, M. C. 2009. Geografia econômica do setor agroalimentar brasileiro: investimentos, recursos ociosos e dinâmica cíclica. Tese. (Programa de Pós-graduação em Geografia Humana). Universidade de São Paulo, São Paulo, 262p.

Pedreira, M. da S. 2004. Complexo florestal, desenvolvimento e reconfiguração do espaço rural: o caso da Região Extremo Sul baiano. Bahia análise e dados, Salvador, v.13, n.4, p.1005-1018.

Santos, C. S.; Silva, J. L. C. 2004. Os impactos do plantio de eucalipto e da produção de celulose em comunidades tradicionais no extremo sul baiano. Disponível em: <anppas.org.br/encontro/segundo/papers/GT17/gt17_jose_caetano.pdf>. Acesso em: 10, jun, 2006.

Silva, E. R. 2003. Desenvolvimento rural: um estudo sobre a região extremo sul da Bahia. Dissertação (Pós-graduação em Economia Rural). – Universidade Federal do Ceará - UFCE, Fortaleza, 147p.

Stal, E. 2008. O efeito de políticas públicas sobre a atratividade dos países emergentes para a realização de atividades de inovação tecnológica por empresas multinacionais. Revista Eletrônica de Negócios Internacionais, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 217-234.

Souza, R. L. de; Oliveira, M. J. L. de. 2002. Análise do setor de papel e celulose de mercado na década de 90: mundo, Brasil e Bahia. In: Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia - SEI. Dez anos de economia baiana. Salvador, p. 65-89.

Souza, R. L. de; Oliveira, M. J. L. de. 2002. Desempenho da indústria de papel e celulose de mercado: Brasil e Bahia 1999/2001. Conjuntura & Planejamento, Salvador, v.1, p. 19-29.

SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. 2003. Dinâmica sociodemográfica da Bahia: 1980-2002. Salvador, 2 v, (Série Estudos e Pesquisas, 60) 449p.

LEVANTAMENTO FITOGEOGRÁFICO DAS PLANTAS MEDICINAIS NATIVAS DO CARIRI PARAIBANO

RISING FITOGEOGRAPHICAL OF THE NATIVE MEDICINAL PLANTS OF CARIRI PARAIBANO

Jose Jakson Amancio Alves
Prof. Dr-A-DE –UEPB/ GERN.
jaksonamancio@uepb.edu.br

Sebastiana Santos do Nascimento
Graduanda em Geografia.UEPB/PIBIC/GERN
sebastianageo@hotmail.com

RESUMO

O uso de plantas medicinais é parte integrante da cultura nordestina nas suas mais diversas regiões fisiográficas; no entanto o seu largo emprego não tem tido a atenção necessária no que tange as publicações na área de ecologia. Com a finalidade de preencher parte desta lacuna, objetivou-se neste estudo resgatar o registro das várias plantas nativas do Cariri Paraibano enfatizando seus diversos usos na medicina popular. Como procedimentos metodológicos realizaram-se o recenseamento bibliográfico seguido de entrevistas com vendedores de plantas medicinais na região, que possuem grande conhecimento das plantas locais. Foram registradas 60 espécies e 34 famílias, a maioria dessas está representada por apenas uma espécie. As famílias que apresentaram o maior número de espécies foram a Fabaceae e a Solanaceae e, Asteraceae e Bromeliaceae, respectivamente. Dentre as espécies registradas destacaram-se como mais populares por suas propriedades medicinais as seguintes espécies: *Erythrina velutina* Willd, *Licania rigida* Benth, *Sideroxylon obtusifolium* (Roem. & Schult.) T.D. Penn. Subsp., *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett, *Amburana cearensis* (Alemão) A.C. Sm, *Operculina macrocarpa* (L.) Urb., *Anadenanthera colubrina var.cebil* (Griseb.) Altschul, *Myracrodnon urundeuva* Allemão, *Sida galheirensis* Ulbr.

Palavras-chave: Cariri Paraibano, Vegetação Nativa, Plantas Medicinais, Fitogeografia.

ABSTRACT

The use of medicinal plants is integrant part of the culture native of northeastern Brazil in their more several regions physiographical. With the purpose of performing part of this lacuna, it objectified in this study rescue the registration of the various native plants of Cariri Paraibano emphasizing his several uses in the popular medicine. Like methodological procedures they accomplished the bibliographical census followed by interviews with salesmen of medicinal plants in the region that own great knowledge of the local plants. They were registered 60 species and 34 families, most of these are represented by only a species. The families who presented the biggest number of species were Fabaceae, Solanaceae, Asteraceae and Bromeliaceae, respectively. Among the registered species stood out as more popular for her medicinal properties the next species: *Erythrina velutina* Willd; *Licania rigida* Benth, *Sideroxylon obtusifolium* (Gnaw. & Schult.) T.D. Penn. Subsp., *Commiphora leptophloeos*(Mart.) J.B. Gillett, *Amburana cearensis* (German) B.C. Sm, *Operculina macrocarpa* (L.) Urb., *Anadenanthera colubrina var.cebil* (Griseb.) Altschul, *Myracrodnon urundeuva* Allemão, *Been galheirensis* Ulbr.

Keywords: Cariri Paraibano, Native Vegetation, Medicinal Plants; Fitogeography.

1. INTRODUÇÃO

O Estado da Paraíba é subdividido em três regiões climáticas, sendo a fachada atlântica tropical aliseana e úmida; a superfície do planalto da Borborema, onde se situam os Cariris, com seu clima semi-árido acentuado; e o sertão, duas vezes mais chuvoso do que os Cariris, que coincide com o clima semi-árido.

Na Paraíba, os Cariris formam uma diagonal Nordeste - Sudoeste (NE-SW) que pode ser denominada de diagonal seca. Ela se caracteriza do ponto de vista climatológico por dois aspectos marcantes: (I) A extrema e generalizada fraqueza das precipitações que são, todavia marcadas pela situação geográfica, exposição e altitude (como no Sudoeste da região); (II) A forte irregularidade do regime pluviométrico; de modo geral na região, o máximo percentual de concentração das chuvas (MPC = 3 meses) é extremamente elevado e a passagem da estação chuvosa para a estação seca é muito brusca e vice-versa; o regime inter-anual, cuja irregularidade ou variabilidade ano a ano dos totais pluviométricos tem uma distribuição temporal muito dispersa (Nascimento e Alves, 2008).

Por esses aspectos climatológicos, as caatingas é uma formação complexa do ponto de vista espacial, onde sua fisionomia varia bastante, ocorrendo transições entre uma formação de caatinga secundária bem definida para outra terciária através de fácies de transição resultando numa formação bem definida. Em certos casos, porém, a passagem entre formações diferentes é brusca e seus limites são de fácil observação, como feições que vão de uma caatinga arbustiva aberta à caatinga arbórea fechada (Souza, 2008).

Ao observarmos o comportamento geocológico das caatingas, vemos de imediato que esta, na realidade, é um mosaico de diferentes formações reunidas pelas mais variadas transições. Isso causa muitos problemas para enquadrá-la em uma classificação universal, uma vez que a maioria de seus aspectos fisionômicos é decorrente da inter-relação complexa entre fatores ecológicos (clima, topoclima, condições edáficas e topográficas) e fatores antrópicos.

Na região do Cariri Paraibano apesar das

características de exposição quase completa às radiações solares, da pobreza do estrato herbáceo em número de espécies e em biomassa, a mata xerófila era rica em madeiras (Souza, 2008). Mas, ao longo do processo de ocupação da região, as atividades econômicas acompanhadas de desmatamentos indiscriminados da caatinga, associados à fragilidade natural desse ecossistema, acarretou sérias conseqüências para os geótopos e para as biocenoses dentre estas a redução da diversidade biológica da vegetação nativa.

“O complexo feixe de atributos: climático, hidrológico e ecológico centrados no tipo de clima semi-árido regional, descrito por Ab” Saber (2003) e as degradações antrópicas, são responsáveis por um dinamismo da vegetação em que as caatingas raquíticas e ralas representam um sub-clímax e as caatingas em fase de regeneração são disclímaces antrópicos. A caatinga arbórea ou floresta seca seria, neste caso, o verdadeiro clímax mesmo atingido pelas ações antrópicas (Nimer, 1980).

Todas essas considerações devidamente embasadas foram primordiais para o levantamento fitogeográfico, identificando dentro desse mosaico de vegetação da caatinga do Cariri paraibano, as de uso medicinais, nativas e produto do conhecimento empírico popular.

O uso de plantas medicinais já é parte integrante da cultura nordestina nas suas mais diversas regiões fisiográficas e tantas são as referências sobre seu uso nas mais diversas situações. No entanto o seu largo emprego não tem tido a atenção necessária no que tange as publicações na área de fitogeografia, dentre alguns que trata desta temática destacam-se (Prance *et al.* 1987; Farnsworth 1988; Phillips e Gentry 1993). Durante muito tempo considerou-se sem interesse o desenvolvimento deste tema face à importância crescente da indústria farmacêutica. Há dúvidas em relação às substâncias químicas que o homem procura nos tradicionais remédios caseiros com o uso de plantas medicinais.

Muitas sociedades tradicionais ou autóctones possuem uma ampla farmacopéia natural, em boa parte proveniente dos recursos vegetais encontrados nos ambientes naturais ou cultivados em ambientes antropicamente alterados com largo benefício para o desenvolvimento das

propriedades apreciadas.

A cultura, em vez da coleta de plantas natural, tem ainda a vantagem de evitar a remoção em habitat sensível, com a conseqüente destruição de plantas com interesse de conservação e de evitar extração extenuante que podem levar ao desaparecimento de algumas espécies.

As plantas medicinais apresentam consistência herbácea, semi-herbácea ou lenhosa, com aproveitamento apenas de uma parte da planta ou da totalidade. Estas plantas têm na sua composição as substâncias que todas as outras possuem, água, sais minerais, ácidos orgânicos, hidratos de carbono ou substâncias protéicas. No entanto estes compostos variam de planta para planta e noutras aparecem alguns outros que demarcam e conferem propriedades especiais, influenciadas pelas condições edafoclimatológicas que podem interferir nessas propriedades (Alves, 2008).

É inegável a contribuição da etnobotânica em diversos aspectos das ciências naturalistas. Uma das mais importantes é certamente a pesquisa de plantas medicinais. Elizabetsky (1991) reforçou que o estudo das plantas medicinais permite o entendimento dos sistemas locais de medicina, a elucidação das bases racionais para o uso medicinal de algumas espécies vegetais, o desenvolvimento de fitoterápicos de custos mais baixos e a descoberta de novas drogas.

A mesma autora já havia enfatizado a importância da etnofarmacologia na descoberta de novas drogas, no recebimento de novas ações terapêuticas de compostos já comumente usados para outras finalidades e na utilização de plantas *in natura* ou em formulações farmacêuticas simples para desenvolver medicamentos de baixo custo (Elizabetsky, 1986; Elizabetsky e Moraes, 1990).

As informações populares servem como fonte de pesquisa para novos medicamentos, os dados oriundos da cultura indígena podem validar uma droga vegetal. Pesquisadores de diversas áreas em etnobotânica concordam com o fato de que, pragmaticamente, estes estudos é uma espécie de “peneira” na pesquisa de plantas medicinais, separando, através das informações coletadas das comunidades locais, plantas com maiores potenciais em atividade terapêutica, uma vez que,

já foram(e são) testadas por elas há muito tempo (MORS et ali., 2000).

Embora concepções acerca de doenças e o entendimento delas pelas comunidades possam ser diferentes da “ciência moderna”, a seleção prévia de plantas, reduzindo-as a um grupo menor e mais específico, ajuda a manter um maior esforço concentrado, com menor custo e menor tempo gasto, comprovado por diversos trabalhos.

No Brasil a situação é semelhante, de acordo com depoimentos de diversos pesquisadores. Nesse contexto cabe salientar que o processo desenfreado de ocupação territorial pelo homem (construção de rodovias, barragens, expansão agrícola, turismo, especulação imobiliária, etc.) tem levado ao desmatamento da vegetação original e a alterações nos hábitos e costumes das populações nativas. A etnobotânica pode contribuir para que esses conhecimentos, a população e as vegetações locais sejam mais bem compreendidos e conservados (Mling, 2006).

Gottlieb (1979) exemplificou essa situação com os índios do Amazônia, para ele os índios são os únicos que conhecem as propriedades das espécies da floresta e como elas podem ser bem utilizadas, o que foi também reforçado por Schultes (1994).

O Governo Federal aprovou a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, por meio do Decreto Presidencial Nº. 5.813, de 22 de junho de 2006, a qual se constitui em parte essencial das políticas públicas de saúde, meio ambiente, desenvolvimento econômico e social como um dos elementos fundamentais de transversalidade na implementação de ações capazes de promover melhorias na qualidade de vida da população brasileira (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007).

Através dessa Política, o governo busca inserir plantas medicinais, fitoterápicos e serviços relacionados à fitoterapia no Sistema Único de Saúde (SUS), com segurança, eficácia e qualidade, em conformidade com as diretrizes da Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares no SUS.

Também, desde 1976, que A Organização das Nações Unidas (ONU), desde 1976, tem realizado assembléias e formulado resoluções

visando estimular a medicina tradicional em todos os países. Em 1978, na declaração de Chang - Mai, alarmados com as seqüências da perda da diversidade vegetal no mundo, a ONU chama a atenção de todos os países, agências internacionais, governos e entidades não-governamentais para a contínua perda de culturas indígenas que geralmente detêm o segredo da descoberta de novas plantas medicinais que podem beneficiar a comunidade global.

A investigação, utilização e exploração de plantas medicinais, por um país deve também incluir medidas para sua conservação. Uma política de conservação deveria abranger estudos na área de levantamentos etnobotânicos de plantas medicinais, para identificar as ameaçadas, estabelecer prioridades e monitoramento da situação, estudos farmacológicos e clínicos para testar sua segurança e eficácia terapêutica, juntamente com a decisão de cultivá-las comercialmente (Akerle, 1991).

Afirmou ainda que o desenvolvimento de políticas para a conservação requer a ordenação dos valores relativos e da importância das espécies, que devem ser observadas de acordo com as características de cada região.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O Cariri paraibano forma uma saliência voltada para o sudoeste do Planalto da Borborema na Paraíba (na franja ocidental do planalto da Borborema), cercada pelas serras elevadas que formam um arco montanhoso. Composta por 29 municípios (Figura 1, ocupa uma área de 11.233 km², segundo o censo do IBGE (2000)), possui uma população de 173.323 habitantes, apresentando uma densidade demográfica de 15,65 habitantes por km² (CANTALICE, 2006).

Localizada em plena “diagonal seca”, onde se observam os menores índices de precipitação pluviométrica do semi-árido brasileiro, com médias anuais históricas inferiores a 400 mm (Cohen e Duqué, 2001), seu clima regional (Bsh) caracteriza-se por elevadas temperaturas (médias anuais em torno de 26°C), fracas amplitudes térmicas anuais e chuvas escassas, muito concentradas no tempo e irregulares.

Os elementos comuns de sua paisagem são

os baixos índices pluviométricos, a caatinga hiperxerófila, as limitações edáficas, baixa densidade demográfica e uma economia baseada na agropecuária extensiva, principalmente o gado caprino. No Cariri, apesar da altitude superior a 300 m, prevalece a feição de pediplano de superfície irregular, embutido na superfície de aplainamento do planalto da Borborema. Nesse caso, constitui-se numa área rebaixada pela ação das águas da bacia hidrográfica do rio Paraíba, cortado ocasionalmente por relevos residuais, ora isolados, ora em alinhamentos (NASCIMENTO e ALVES, 2008).

Quanto ao aspecto climático dominante, o Cariri encontra-se localizado no fim do percurso dos fluxos úmidos que se direcionam para o semi-árido nordestino e em situação de sotavento, fazendo parte da diagonal mais seca do Brasil, onde é comum, em determinados setores, o registro pluviométrico médio anual inferior a 300 mm. Além disso, essas precipitações apresentam elevada variabilidade, não apenas a nível anual, mas também, dentro dos próprios meses considerados chuvosos (fevereiro a maio). Dessa maneira, conforme o que observou Nimer (1980), as variações pluviométricas e a instabilidade climática acabam refletindo para a região as piores condições relativas às ações auto-reguladoras e de autodefesa ambiental das comunidade-tipo da caatinga.

Essa região é considerada um dos pólos xéricos do Nordeste Brasileiro; pela precipitação média anual que não atinge 600 mm, alcançando em Cabaceiras 246 mm sendo os mais baixos índices pluviométricos do Brasil (MOREIRA, 1988). A temperatura média anual é 26°C, com médias mínimas inferiores a 20°C, e a umidade relativa do ar não ultrapassa 75% (BARBOSA, et al, 2007). A pluviosidade reduzida e o relevo, basicamente em duas unidades, terrenos dissecados e no nível da Borborema, condicionam a diversidade e riqueza da vegetação. No Cariri os solos são rasos e pedregosos e a vegetação é considerada baixa e pobre em espécies, mas acompanha um gradiente de precipitação e profundidade do solo (SAMPAIO *et al.* 1981).

Sobre a vegetação, Gomes (1979) analisando os padrões de caatinga no Cariri, observou que a precipitação foi o principal fator

ambiental condicionante das diferenças encontradas na vegetação; desde comunidades de menor densidade até as de maiores porte, mudando gradativamente. Esta ordenação está correlacionada principalmente com a precipitação média anual e com as características de altura e densidade das espécies encontradas, não apresentando correlação com os diferentes tipos de solo observados (BARBOSA, et al, 2007). Para Andrade-Lima (1981) ocorre uma unidade própria em relação à vegetação no Cariri Paraibano, considerando a associação *Caesalpinia-Aspidosperma* como típica desta região.

Com relação a uma metodologia básica para o presente estudo, adotaram-se sucessivas pesquisas de campo com a aplicação de entrevistas informais, levantamento in locu, seguido de levantamentos de dados e análise através de fotos e anotações pertinentes as entrevistas informais.

Foi realizado: (1) Levantamentos preliminares: Recenseamento bibliográfico e cartográfico da área específica da pesquisa; (2) Exame conjugado das cartas topográficas e fotografias visando: Levantamento das áreas comunidade-tipo de caatinga; Identificação das áreas onde ocorrem ou ocorreram caatingas diferenciadas; (3) Análise da diversidade florística medicinal por setor in locu, caracterizando a região em termos de fisionomia da caatinga no Cariri paraibano; (4) Definição das plantas nativas encontradas. As etapas citadas foram determinantes na coleta de informações sobre as plantas nativas da região que servem para uso medicinal, etnoflora, parte utilizada e indicação terapêutica.

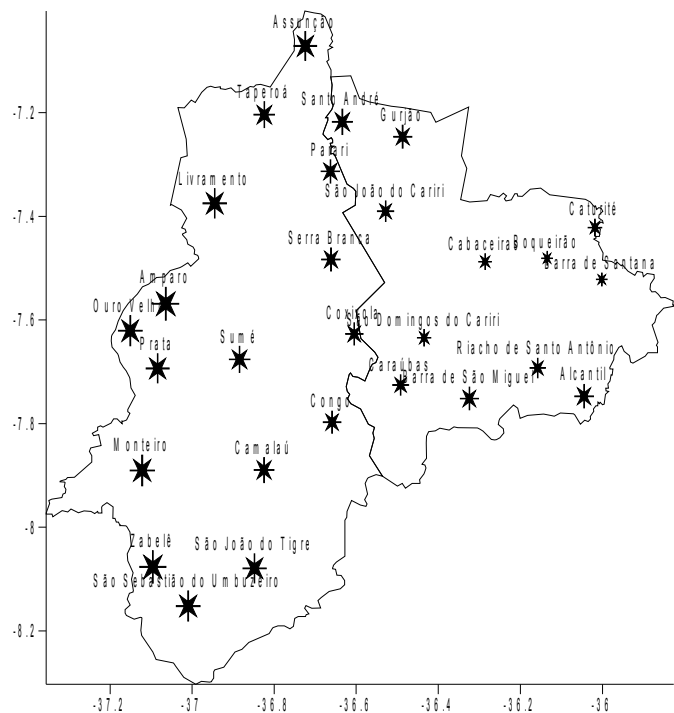


Figura 1 – Espacialidade das cidades na região dos Cariris paraibanos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O uso de plantas medicinais é uma prática comum nas mais diversas regiões do Brasil, principalmente as que se encontram mais distantes dos grandes e médios centros urbanizados, e que tem sido transmitida de geração em geração e é realizada por meio do extrativismo. Tem sua origem na cultura dos diversos grupos indígenas que habitavam as regiões mais remota, misturada, ainda, com as tradições de uso dos europeus e africanos que chegaram posteriormente e constitui a atual farmacopéia local, despertando grandes interesses transregional pelo potencial terapêutico e econômico.

Da mesma maneira, deve ter utilizado plantas para aliviar seus males. No caso de plantas medicinais, estas foram, na sua grande maioria, descoberta empiricamente. Com base nestes conhecimentos acumulados pela medicina popular, foram desenvolvidos alguns dos diversos medicamentos utilizados na medicina científica, como os digitálicos, a quinina, a morfina, a atropina, etc.

O uso judicioso de plantas medicinais no Brasil tem origem na cultura das diversas etnias da

formação do povo brasileiro. Dos nativos (indígenas) são exemplos: a ipecacuanha (*Cephaelis ipecacuanha* (Brot.) A. Rich.), o guaraná (*Paullinia cupana* H.B.K.), a erva-de-bugre (*Casearia silvestris* Swartz.), etc. Outras foram trazidas pelos europeus: como a camomila (*Matricaria chamomilla* L.), a melissa (*Melissa officinalis* L.), a malva (*Malva sylvestris* L.), o funcho (*Foeniculum vulgare* Mill.); e também pelos africanos: como a erva-guiné (*Petiveria alliacea* L.), e o melão-de-são-caetano (*Momordica charantia* L.); outras ainda, são provenientes de outros países sul-americanos, como o boldo (*Peumus boldus* Mol.) e a quiluaia (*Quillaja saponaria* Mol.).

Os componentes que as diferenciam de outras são as características medicinais, os valores terapêuticos, ou seja, seus princípios ativos. Entre estes é importante citar: (i) Alcalóides; (ii) Glucosídeos; (iii) Óleos essenciais; (iv) Taninos; (v) Princípios amargos; (vi) Mucilagens. A grande maioria das pessoas conhece e usam as plantas medicinais, que são geralmente sempre transmitidos dentro de uma família, especialmente entre as mulheres, relatos que se confirmaram com o presente trabalho nas caatinga dos Cariri paraibano.

As caatingas representam uma das formações vegetais mais estudadas por cientistas estrangeiros e brasileiros. Muitas publicações expõem suas características florísticas, estruturais, fisionômicas e o seu dinamismo (NASCIMENTO E ALVES, 2009). Dentre as espécies registradas nas caatingas do Cariri paraibano, destacaram-se como mais populares por suas propriedades medicinais as seguintes espécies: *Erythrina velutina* Willd., *Licania rigida* Benth, *Sideroxylon obtusifolium* (Roem. & Schult.) T.D. Penn. Subsp., *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett, *Amburana cearensis* (Alemão) A.C. Sm, *Operculina macrocarpa* (L.) Urb., *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschul, *Myracrodron urundeuva* Allemão, *Sida galheirensis* Ulbr.

Muitas plantas frequentemente utilizadas por populações locais (Quadro 1) ainda não foram estudadas ou seus princípios ativos ainda não foram identificados para validá-las como medicamentos

ou para aproveitá-las economicamente. Foram registradas 60 espécies e 34 famílias, a maioria dessas está representadas por apenas uma espécie. As famílias que apresentam o maior número de espécie são a Fabaceae e a Solanaceae e, Asteraceae e Bromeliaceae, respectivamente (Quadro 2).

Quadro 1 – Nome popular das plantas medicinais nativas do Cariri paraibano

Acônito	Juazeiro
lecrim-do-mato	Macambira
Alecrim-pimenta	jurubeba-branca
Alfazema-de-cabloco	jurubeba-roxa
angélica-brava	Malva-preta
Angico	Malva-roxa
Arapabaca	Macela-do-campo
Aroeira	Malva-branca
Barba-de-velho	Mandacaru
Barriguda	Maniçoba
Batata-de-purga	Mão-fechada
Bom-nome	Maria-preta
Cabacinha	Mofumbo
Camapu/bate-testa	moleque duro
Canafistula	Mororó
Canela de urubu	Mucaná
Capitãozinho	Para-tudo
Cardo santo	Mulungu
Catingueira	Oitica
Chanana	Pereiro
Coari-bravo	Quixaba
Cordão-de-frade	Quintilho
Coroa-de-frade	Salsa
Craibeira	Sena
Cumaru	Timbaúba
Favela	Urtiga-branca
fumo-bravo	Gogóia
Gravatá-do-ar	Imburana
Iço	Imbuzeiro
Ipecacoanha	jenipapo-bravo

Quadro 2 - Identificação das plantas medicinais nativas do Cariri paraibano

Nome vulgar	Espécies	Família
Acônito	<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	Amaranthaceae
Alecrim-pimenta	<i>Lippia microphylla</i> Cham.	Verbenaceae
Alfazema-de-cabloco	<i>Hptis suaveolens</i> (L.) Poit.	Lamiaceae
Alecrim-do-mato	<i>Pectis elongata</i> Kunth	Asteraceae
Arapabaca	<i>Spigelia anthelmia</i> L.	Loganiaceae
Aroeira	<i>Myracrodnon urundeuva</i> Allemão	Anacardiaceae
angélica-brava	<i>Guettarda angelica</i> Mart.	Rubiaceae
Angico	<i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i> (Griseb.) Altschul	Fabaceae Mimosodeiaae
Barba-de-velho	<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	Bromeliaceae
Barriguda	<i>Ceiba glaziovii</i> (Kuntze) K. Schum	Malvaceae
Batata-de-purga	<i>Operculina macrocarpa</i> (L.) Urb.	Convolvulaceae
Bom-nome	<i>Maytenus rigida</i> Mart.	Celastraceae
Cabacinha	<i>Lufa operculata</i> (L.) Cogn.	Cucurbitaceae
Camapu/bate-testa	<i>Physalis angulata</i> L.	Solanaceae
Canafístula	<i>Senna spectabilis</i> var. <i>excelsa</i> (Scharad.) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae-Caesalpinioiadeae
Canela de urubu	<i>Hypenia salzmännii</i> (Benth)	Lamiaceae
Cardo santo	<i>Argemone mexicana</i> L.	Papaveraceae
Catingueira	<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.	Fabaceae-Caesalpinioiadeae
Capitãozinho	<i>Gomphrena demissa</i> Mart.	Amaranthaceae
Chanana	<i>Turnera chamaedrifolia</i> Cham.	Turneraceae
Coari-bravo	<i>Tagetes minuta</i> L.	Asteraceae
Cordão-de-frade	<i>Leucas martinicensis</i> (Jacq.) R. Br.	Lamiaceae
Coroa-de-frade	<i>Melocactus zehntneri</i>	Cactaceae
Craibeira	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hoo.f. ex. S. Moore	Bignoniaceae
Cumaru	<i>Amburana cearensis</i> (Alemão) A.C. Sm	Fabaceae-Faboideae
Favela	<i>Cnidoscolus quercifolius</i> Pohl.	Euphorbiaceae
fumo-bravo	<i>Nicotiana glauca</i> Graham	Solanaceae
Gogóia	<i>Solanum agrarium</i> Sendtn.	Solanaceae
Gravatá-do-ar	<i>Tillandsia streptocarpa</i> (L.) Baker	Bromeliaceae
Iço	<i>Capparis jacobinae</i> Moric ex Eichler	Capparaceae
Imburana	<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett	Burseraceae
Imbuzeiro	<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	Anacardiaceae
Ipecacoanha	<i>Hybanthus calceolaria</i> (L.) Schulza-Menz	Violaceae

jenipapo-bravo	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltldl)	Rubiaceae
Juazeiro	<i>Ziziphus cotinifolia</i> Reiss.	Rhamnaceae
jurubeba-branca	<i>solanum rhytidoandrum</i> Sendtn.	Solanaceae
jurubeba-roxa	<i>Solanum paniulatum</i> L.	Solanaceae
Macambira	<i>Bromlia laciniosa</i> Mart. ex Schult.f.	Bromeliaceae
Macela-do-campo	<i>Egletes viscosa</i> (L.) Less.	Asteraceae
Malva-branca	<i>Sida galheirensis</i> Ulbr.	Malvaceae
Malva-preta	<i>Sidastrum micranthum</i> (ª St.-Hil.) Fryxell	Malvaceae
Malva-roxa	<i>Melochia tomentosa</i> L.	Malvaceae
Mandacaru	<i>Cereus jamacuru</i> DC.	Cactaceae
Maniçoba	<i>Manihot glaziovii</i> Mull. Arg.	Euphorbiaceae
Mão-fechada	<i>Selaginella convoluta</i> (Arnott) Spreng	Selaginellaceae
Maria-preta	<i>Cordia multispicata</i> Cham.	Boraginaceae
Mofumbo	<i>Combretum leprosum</i> Mart.	Combretaceae
moleque duro	<i>Cordia leucacephala</i> Moric.	Boraginaceae
Mororó	<i>Bauhia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	Fabaceae-Caesalpinioideae
Mucanã	<i>Dioclea grandiflora</i> Mart. ex Benth.	Fabaceae-Faboideae
Mulungu	<i>Erythrina velutina</i> Willd.	Fabaceae-Faboideae
Oiticica	<i>Licania rigida</i> Benth.	Chrysobalanaceae
Para-tudo	<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	Sapindaceae
Pereiro	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	Apocynaceae
Quixaba	<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T.D. Penn. subsp.	Sapotaceae
Quintilho	<i>Nicandra physlodes</i> (L.) Gertn.	Solanaceae
Salsa	<i>Ipomoea asarifolia</i> (Desr.) Roem. & Schult.	Convolvulaceae
Sena	<i>Senna martiana</i> (Benth) H. Irwin & Barneby	Fabaceae-Caesalpiioideae
Timbaúba	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong.	Fabaceae-Mimisoideae
Urtiga-branca	<i>Aosa rupestris</i> (Gardner) Weigend	Lamiaceae

As partes das plantas mais usadas com fins medicinais foram em ordem decrescente: folhas, caule e casca do caule, raiz, frutos, sementes, látex e tubérculos (Quadro 3). A análise nem sempre é exata, geralmente se baseia nas descrições dos sintomas, conforme relatado pelos informantes. Isto é evidente na indicação de muitas espécies para mais de um emprego medicinal; a exemplo das espécies indicadas como vermífugo e expectorante, simultaneamente.

Os males ou doenças mais comuns tratadas através dessas plantas nativas do Cariri são asma, bronquite, incoação, erisipela, mordida de cobra, verrugas, anemia, câncer, catarata, cistitis, cólicas, diabete e, por ação farmacológica das substâncias medicinais: cicatrizante, abortiva, anestésica, calmante diurética, depurativa.

Com relação às preparações usuais de plantas medicinais registramos o seguinte: a) Chás (maceração, infusão e decocção); a) Alcoólaturas; c) Xaropes; d) Garrafadas; e) Compressas; f)

Banhos; g) Cataplasmas. Com relação ao preparo do remédio a partir das entrevistas têm-se a seguinte classificação: remédio morno, remédio fresco e remédio quente.

Devemos considerar que essas informações são oriundas dos raizeiros, que do ponto de vista da botânica popular, o raizeiro é um conspícuo taxônomo, com uma autoridade de conhecimento profunda da natureza, e um experimentador das ervas que utiliza em sua terapêutica. Consideram as plantas medicinais como benéficas para o organismo e preventivas, e escolhem entre as plantas, as de efeitos farmacológicos e toxicológicos tanto para o homem como para os animais. Conhecem ainda as doses para amainar efeitos. Os padrões de medida empregados são pessoais: um dedo, um punhado, uma quarta parte, entre outros. Sabem a época exata para realizar coletas, a época de floração e frutificação, etc.

É importante destacar que algumas espécies medicinais estão protegidas, de alguma maneira, por instrumentos legais específicos (IBAMA, 1997): Portaria - IBAMA n. 83-N/91, de 26 de setembro de 1991 - proíbe o corte e a exploração de Aroeira legítima (*Astronium urundeuva*), das Baraúnas (*Melanoxylon brauna* e *Schinopsis brasiliensis*) e de Gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*) em bosque primário. Para exploração destas espécies em bosque secundário se exige um Plano de Manejo Florestal de Rendimento Sustentável. Nos sistemas de vegetação denominados Cerrado, a exploração somente poderá ser realizada se é executada através de Planos de Manejo Sustentável previamente aprovados pelo IBAMA. Essa Portaria também proíbe a exploração destas espécies em qualquer tipo de formação florestal em áreas de proteção permanente.

Existem outras espécies que estão ameaçadas para as quais se atribuem propriedades medicinais em outras áreas e que se recomenda estudos potenciais, como é o caso da Urtiga ou Begônia gigante (*Gunnera manicata*), Sete - sangrias (*Cuphea aperta*; *C. acinifolia*; *C. reitzii*; *C. glaziovii*), utilizada na medicina popular para combater a hipertensão arterial e arterioesclerose, depurativo, utilizada também para doenças venéreas e reumatismo.

Por fim, convém lembrar, que a biodiversidade da caatinga no Cariri paraibano, o conhecimento fitogeográfico e etnofarmacológico da população são vantagens importantes no processo de desenvolvimento de programas e projetos de pesquisa de plantas medicinais, que devem ser fortalecidos com maior apoio à pesquisa e conhecimento para viabilizar uma indústria forte e adequada de produtos naturais que não esteja em detrimento dos recursos utilizados e potenciais, como agente de um. Necessita-se promover estudos multidisciplinares e maior trabalho sobre o tema por parte de vários atores, como organismos governamentais, institutos de pesquisa, ONGs, comunidades, respeitando as especificidades de cada um e procurando a integração do aspecto ambiental na área de saúde e vice-versa a fim de fortalecer os diferentes setores relacionados, potencializando os recursos humanos e orientando os setores mais necessitados para que possam envolver-se no processo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe uma extensa rede comercial de plantas medicinais nativas que abastece feiras e vendidas por ambulantes de rua em rua. O comércio é crescente, o que demonstra a existência de grupos de comerciantes atacadistas responsáveis pelo abastecimento do comércio ambulante, enquanto nas feiras livres das regiões é ainda muito fruto do trabalho do mateiro e dos raizeiros. Por outro lado, não existe informação disponível que permita realizar uma análise sobre a extração, comércio e conservação destas espécies. Se requer informação específica sobre o estado de conservação das espécies de plantas medicinais mais utilizadas, comercializadas e demandadas.

Outro aspecto é sobre a maneira correta de se manipular uma planta medicinal, pois é essencial a preferência em consumir produtos naturais; partindo deste pressuposto propõe-se que sejam aderidas as seguintes medidas: (i) Utilizar plantas conhecidas e não de identidade duvidosa; (ii) Nunca coletar plantas medicinais junto a locais que possam ter recebido agrotóxicos em geral; (iii) Nunca coletar plantas medicinais que crescem à beira de lagos, lagoas e rios poluídos; (iv) As

plantas medicinais devem ser secadas à sombra, em ambiente arejado, por alguns dias (até tornarem-se quebradiças), antes de serem utilizadas; (v) Verificar o estado de conservação (umidade, mofo, insetos, etc.) da planta medicinal a ser adquirida; (vi) Evitar o uso de misturas de plantas medicinais.

Nem sempre o processo de preparação mais indicado é o mesmo para plantas diferentes e a combinação pode resultar em efeitos imprevisíveis. Compreende-se assim, que antes de se utilizar um produto natural é preciso, acima de tudo, conhecer o seu verdadeiro efeito ao organismo, para que possa realmente apresentar resultados fitoterápicos e contribuir para a qualidade de vida dos seres

humanos.

Por fim, considerando a crescente dificuldade dos Serviços de Saúde Pública dos Estados e Municípios para garantir a assistência farmacêutica integral, constantemente é aberto um espaço, cada vez mais em crescimento, para que a população continue buscando tratamentos com raizeiros, visando reduzir o sofrimento imediato com completa falta de visão quanto aos aspectos sanitários necessários para o uso judicioso das plantas medicinais.

Quadro 3 - Indicação terapêutica e parte da planta utilizada.

Nome vulgar	Espécies	Família
Acônito	Indicado no tratamento das cefaléias, tosses, gripes, como expectorante e ainda contra febres e diarreias.	Folhas e raízes
Alecrim-pimenta	Usado como anti-séptico das vias nasais e contra doenças respiratórias.	Folhas
Alfazema-de-cabloco	Indicado contra dismenorréias, doenças respiratórias, febres, indigestões e cefaléias.	Folhas, flores e sementes.
Alecrim-do-mato	Utilizado como estomático	Folhas e a planta como um todo
Arapabaca	Usado como vermífugo	A planta inteira
Aroeira	Antialérgica, Antiinflamatória, Cicatrizante.	Cascas e entrecascas
Angélica-brava	Indicado contra cólicas menstruais, constipações e febres.	Raízes
Angico	Depurativa, Adstringente e, Hemostática.	Cascas
Barba-de-velho	Indicado contra reumatismos, úlceras e hemorroidas.	Toda a planta
Barriguda	Contra reumatismos e endemas	Folhas
Batata-de-purga	Como xarope é indicado contra gripes e tosses, o decocto ou infuso usado como laxativo, purgativo e carmitativo; o macerado como antiinflamatórios e dores reumáticas.	Tubérculo
Bom-nome	Indicado contra inflamações e infecções renais e ovarianas e no tratamento de úlceras externas.	Cascas
Cabacinha	Indicado no tratamento de amenorréias e sinusites.	Fruto
Camapu/bate-testa	Antiinflamatório da bexiga e dos rins, indicado ainda como sedativo e contra dermatites e otites.	Folhas e a planta inteira

Canafistula	Indicado como laxativo, purgativo e no tratamento de amenorréias e anemias e ainda contra gripes e tosses.	Cascas, folhas e sementes
Canela de urubu	É empregado no tratamento de tosses, gripes e doenças respiratórias.	Folhas
Cardo santo	As sementes são indicadas como purgativas laxativas e digestivas. O látex é usado nos olhos contra conjuntivite.	Sementes e o látex
Catingueira	Indicado como afrodisíaco, utilizado no combate a desinterias, diarreias e como estomático. O xarope é utilizado como expectorante, contra bronquites e tosses.	Polpa do caule
Capitãozinho	Anti-inflamatório ovariano e uso tópico	Raízes
Chanana	Indicado contra amenorréias e dismenorréias; como expectorante contra bronquites e tosses.	Raízes e a planta inteira
Coari – bravo	Empregado como sedativo febrífugo e contra amenorréias; indicado também no tratamento das verminoses.	Folhas e frutos (suco).
Cordão-de-frade	Indicado contra inflamações e problemas renais. Além de uso externo contra dores reumáticas.	Partes aéreas e folhas
Coroa-de-frade	Tratamento de bronquites, tosses e debilidade física.	Cascas
Craibeira	Tratamento de gripes e bronquites	Cascas
Cumarú	Utilizado no tratamento de gripes, tosses; anorexia, úlceras externas, infecções urinárias e sinusites.	Cascas, frutos e sementes.
Favela	Auxilia no tratamento de inflamações dos ovários e próstatas.	Cascas
fumo-bravo	Indicado no tratamento de asma e enxaqueca	Folhas
Gogóia	Usado como abortivo e contra inflamações da próstata	Raízes
Gravatá-do-ar	Usado como purgativo, laxativo e emético.	Toda a planta
Iço	Empregado contra a falta de menstruação, tosses e coqueluches.	Cascas e raízes
Imburana	Indicado contra gripes, tosses e bronquites.	Cascas
Imbuzeiro	Usa-se como oftálmico tônico geral e vitaminas.	Cascas e frutos
Ipecacoanha	Indicado contra a ausência da menstruação e no tratamento de diarreias e amebíases	Raízes
Jenipapo-bravo	Usam-se as folhas quentes em cataplasmas e com óleo de oliva contra dores reumáticas.	Folhas
Juazeiro	Utilizado para higiene bucal e do couro cabeludo.	Cascas
Jurubeba-branca	Indicado contra doenças do fígado	Raízes
Jurubeba-roxa	Usa-se como diuréticas, tônico; contra doenças	Raízes e frutos

	do fígado, anemias e tuberculosas.	
Macambira	Utilizada no tratamento de hepatite e ainda como tônico e fonte de proteínas.	Raízes e folhas
Macela-do-campo	Usado como estomático e anti-diarréico	Flores
Malva-branca	Indicada contra tosses e coqueluches	Partes aéreas
Malva-preta	Usado contra bronquites, tosses e asma. Também como emoliente.	Folhas
Malva-roxa	Indicado contra tosses e bronquites	Folhas
Mandacaru	Indicado no tratamento de úlceras estomáticas, doenças respiratórias e renais, sobretudo como diurético.	Raízes e polpa do caule
Maniçoba	Empregada no tratamento de reumatismos	Folhas
Mão-fechada	Usa-se como afrodisíaco, diurético e contra amenorréias.	Planta inteira
Maria-preta	Indicado contra reumatismos e atrites	Folhas e partes aéreas
Mofumbo	Empregado como expectorante contra tosses e coqueluches	Folhas e cascas
Moleque duro	Indicado no tratamento de reumatismos, artitres e como tônico geral.	Folhas flores
Mororó	Empregado no tratamento de diabetes, como tônico e depurativo.	Cascas
Mucanã	Usado contra inflamações prostáticas	Raízes
Mulungu	Indicado no tratamento de insônias, dor-de-dente, tosses e como vermífugo.	Cascas e frutos
Oiticica	Utilizado no tratamento de diabetes	Folhas
Para-tudo	Auxilia no tratamento de problemas hepáticos e reumatismos, usa-se como tônica emenagoga e diurética.	Toda a planta
Pereiro/pau-ferro	Usado contra dermatites e inflamações urinárias.	Cascas
Quixaba	Usado contra inflamações ovarianas e diabetes.	Cascas
Quintilho	Usa-se como calmante	A planta inteira
Salsa	Usada contra dermatites, escabioses, sífilis e úlceras externas.	Folhas e partes aéreas
Sena	Indicado como laxativo	Folhas
Timbaúba	Indicado como anti-inflamatório e contra escabiose	Cascas e frutos
Urtiga-branca	Empregado contra inflamações uterinas e prostáticas.	Raízes

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, J. J. A. 2008. Biogeografia. Ed. Fotograf. João Pessoa, 198p.
- Akerele, O. 1991. Medicinal plants: policies and priorities. In: Akerele, O; Heywood, V; Syng, H. (Eds.) Conservation of medicinal plants. Cambridge University press. 362p.
- Andrade Lima, D. 1981. "The caatingas dominium". Separata da Revista Brasil. n ou v. 4. p149-153.
- Barbosa. M.R. V; Lima, I.B.; Lima, J.R.; Cunha J.P.; Agra, M.F.; Thomas, W.W. 2007. Vegetação e flora no Cariri paraibano. ol. Bras., v. 11 n. 3 p. 313-322.
- Catalice, L. R.; Martins, M. F. ; Cândido, G. A. 2006. Turismo e desenvolvimento sustentável nos assentamentos da reforma agrária do cariri paraibano, 2 XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil.
- Clemente, José Steffen, S.J. 2010. Plantas Medicinais : Uso Populares Tradicionais. Instituto Anchieta de Pesquisas.
- Elisabetsky, E. New directions in ethnopharmacology. J. Ethnobiol., V.6, n.1.p.121-128. 1986.
- Elisabetsky, E. 1991. Sociopolitical, economical and ethical issues in medicinal plant research. J. ethnopharmacol. V.32. p.235-239.
- Elisabetsky, E.; Moraes, J.A.R. de. 1990. Ethnopharmacology: a technological development strategy. In: Posey, D. A.; Overal, W.L. (Eds) *Ethnobiology: implications and applications*. Belen: Museu Paraense Emílio Goeldi.
- Farnsworth, N.R. 1988. Screening plants for new medicines. In: Wilson, E.O. (ed) Biodiversity .Washington DC: Nac. Acad. Press, 521p.
- Gottlieb, O. 1979. Chemical studies on medicinal *Myristicaceae* from Amazônia. Ethnopharmacol., v.1.p.309-343.
- Gomes, M.A.F. 1979. Padrões de Caatinga nos Cariris Velhos - Paraíba. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 88p.
- IBAMA. 1997. Resultados do I Workshop sobre Conservação da Flora Brasileira. Suelma R.S. et al., (org). Relatório. Brasília, DF.
- Ming, L. C. 2006. Plantas medicinais na reserve extrativista Chico Mendes: uma visão etnobotânica. Ed. UNESP. São Paulo, INISTÉRIO DA SAÚDE: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos. Brasília – DF. 2007.
- Mors, W.B., C.T. Rizzine & N.A. Pereira (2000). Medicinal Plants of Brazil. 501 pp. Algonac, Michigan: Reference Publications, Inc. In: R. De Filippis Conservation of Brazilian Medicinal Plants. 2001. Biological Conservation Newsletter. Plant Conservation Unit. Department of Botany. 193p.
- Nascimento, S.S.; Alves, J.J.A. xii, 2008. Ecoclimatologia do Cariri Paraibano. Revista Geográfica Acadêmica. <rga.ggf.br>. V. 2 n. 3 P. 28-4, 2008. ISSN 1678-7226. 24p. Acessado em: 01/06/2010.
- Nascimento, S.S.; Alves J.J.A. 2009. Uma Investigação Ecogeográfica das Caatingas nos Cariris Velhos - PB. I Congresso Nacional de Educação Ambiental e III Encontro Nordestino de Biogeografia. Universidade Federal da Paraíba-UFPB, João Pessoa 10 a 13 de Junho. 13p.
- Nimer, E. 1980. Subsídio ao plano de ação mundial para combater a desertificação: programa das Nações Unidas. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, 42 (3). p612-37.
- Prance, G.T; Balée, W.; Boom, B.M. & Carneiro, R.L. 1987. Quantitative ethnobotany and the case for conservation in Amazonia. Conservation Biology 1(4):296-310.
- Phillips, O. & Gentry, A. H. 1993b. The useful plants of Tambopata, Peru: II. Additional hypothesis testing in quantitative ethnobotany. Economic Botany 47(1):33-43.
- Sampaio, E.V.S.B.; Andrade-Lima, D; Gomes, M.A.F. 1981. O gradiente vegetacional das caatingas e áreas anexas. Revista Brasileira de Botânica, 4(1). P.27-30

ANALISE COMPARATIVA ENTRE A VAZÃO REAL E AVAZÃO DE REFERÊNCIA PARA OUTORGA DE ÁGUA DO CÓRREGO BARRERINHO-UBERLÂNDIA-MG.

COMPARATIVE ANALYSE BETWEEN REAL DISCHARGE AND DISCHARGE OF REFERENCE TO WARRANT OF WATER OF THE BARRERINHO STREAM-UBERLANDIA-MG

Josimar Felisbino Silva
Instituto de Geografia-UFU
jfsilva@prove.ufu.br

Fausto Miguel da Luz Netto
Instituto de Geografia-UFU
faustoluz_netto@hotmail.com

Silvio Carlos Rodrigues
Instituto de Geografia-UFU
silgel@ufu.br

RESUMO

O cálculo de vazões de referência para outorga de água é muito importante para a apropriação deste recurso natural e o Córrego Barrerinho, localizado no município de Uberlândia (MG) e alvo deste estudo não está fora das disputas por recursos hídricos.

Foram instalados dois pontos de medições de vazões, um na nascente, o Ponto de captação 1 e o Ponto de captação 2 na fóz e um ponto de monitoramento da precipitação entre os mesmos (Figura 1) . Todos os pontos foram monitorados no período entre 06 de Janeiro de 2009 e 17 de Agosto de 2009. As medições das vazões e os cálculos das vazões mínimas de referência e das vazões outorgáveis tanto para o ponto de captação 1 quanto para o ponto de captação 2 entre janeiro e agosto de 2009 mostraram que a vazão outorgável para os pontos analisados foi inferior à vazão mínima medida.

Palavras-chave: Vazão de referência; outorga de água, recursos hídricos.

ABSTRACT

The calculation of reference discharge to warrant water is so important to appropriation of this natural resource and the Barrerinho stream, located in Uberlandia city municipality in the Minas Gerais state and aim of this study is not out of disputes over water resources. Were installed two points of measurements of flow, one on the nascent (point of capitation 1) and the other on the estuary (point of capitation 2) and the other point to measure the precipitation between the two points of captation. (Fig 1). All points were monitored in the period between January 6, 2009 and August 17, 2009.

Measurements of flow and calculation of minimum flows and flow rates for licensing reference both to the point of captation 1 as a pickup point 2 between January and August 2009 showed that the flow bestowable for the points analyzed was below the minimum flow measured.

Keywords: Reference discharge, water permit, water resources.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente há uma percepção clara de que os recursos hídricos, quando disponíveis em quantidade e qualidade contribuem fortemente para o desenvolvimento econômico e social (Souza, 1993). Neste contexto, a água passa a ser tratada como recurso natural estratégico e em muitos países já é considerado como recurso natural de primeira importância a décadas, exigindo das autoridades a estruturação de novas políticas de gestão de bacias hidrográficas, bem como uma postura que preserve o meio ambiente e evite o desperdício por parte da comunidade em geral.

No Brasil, a intensificação da agricultura no cerrado, juntamente com o crescimento da população e o desperdício em geral, tem demandado uma quantidade de água cada vez maior, o que poderá levar à falta da mesma ou diminuir o volume dos mananciais e provocar desequilíbrios nos sistemas hídricos, podendo ocorrer litígios violentos pela disputa da água.

Deve-se considerar também que o uso inadequado dos recursos naturais e a preservação da vegetação têm papéis vitais na conservação e manutenção dos corpos d'água, sendo importante a implantação de políticas públicas que garantam a sustentabilidade dos recursos hídricos em que os fatores hidrológicos e ecológicos crescem em importância, em relação aos tradicionais fatores administrativos, econômicos e políticos. (Silva, apud Cruz, 2001). Nesta visão, passa a ser importante o cálculo da vazão de referência e da disponibilidade hídrica para a adoção de valores de referência de vazões que estejam de acordo com o estabelecido na Portaria Administrativa Nº 010/98 Art. 8º, § 1º e § 2º para o Estado de Minas Gerais, o que significa que o estabelecimento de parâmetros de vazões de referências é um bom procedimento para a proteção dos rios, pois garantem a manutenção da quantidade de água necessária à manutenção da vida aquática ao mesmo tempo em que possibilita outros usos necessários para as atividades humanas.

No Brasil não existe um parâmetro único para o estabelecimento de vazões de referências para todos os estados, o que implica na utilização de

valores diferenciados como referencial para outorga de água. (Cabral, 1997; Studart et al., 1997; Silva, 2006).

Cada estado adota critérios próprios para outorga de água, o estados de Minas Gerais e Paraná utilizam a vazão mínima natural de dez anos de recorrência e sete dias de duração ($Q_{7,10}$). O Estado do Ceará adota como referência a vazão $Q_{90\%}$, o que significa que na época da seca deve ser mantida uma vazão (Q) mínima no rio de 10% da $Q_{90\%}$. O estado de Goiás utiliza como referência para outorga a vazão Q_{95} , sendo que a soma das vazões outorgadas numa bacia hidrográfica não podem exceder a 50% da vazão de referência (Silva, 2006).

No contexto do Córrego Barrerinho, em que não existem dados fluviométricos, torna-se importante o estudo e o cálculo de vazões de referência através de estudos de regionalização de vazão. A regionalização de vazão serve como instrumento para a estimativa da vazão de referência a ser utilizada nos processos de outorga de água para captações em cursos d'água no Estado de Minas Gerais, tanto para captações insignificantes, quanto para as significantes e que define como insignificante as captações e derivações de águas de córregos, rios, lagos e de surgências menores ou iguais a 1l/s, (Deliberação Normativa CERH - MG nº 09, de 16 de junho de 2004).

O limite máximo de derivações consuntivas para outorga em Minas Gerais é 30% (trinta por cento) da vazão mínima natural de dez anos de recorrência e sete dias de duração ($Q_{7,10}$). (Portaria Administrativa MG. nº 010/98, Art. 8º; § 2º), garantido a jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 70% (setenta por cento) da $Q_{7,10}$.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do Córrego Barrerinho localiza-se no estado de Minas Gerais, no município de Uberlândia entre as coordenadas geográficas de 18°48'59"S e 48°8'6"W e 18°51'1"S e 48°09'27"W, iniciando-se a uma altitude de 860 metros e desaguando no Rio Araguari a 590 metros de altitude, dentro do trecho de vazão reduzida (TVR) da usina hidrelétrica Amador Aguiar I, também conhecida como usina hidrelétrica de Capim Branco I, com uma área de 5,2Km² (Figura 1).

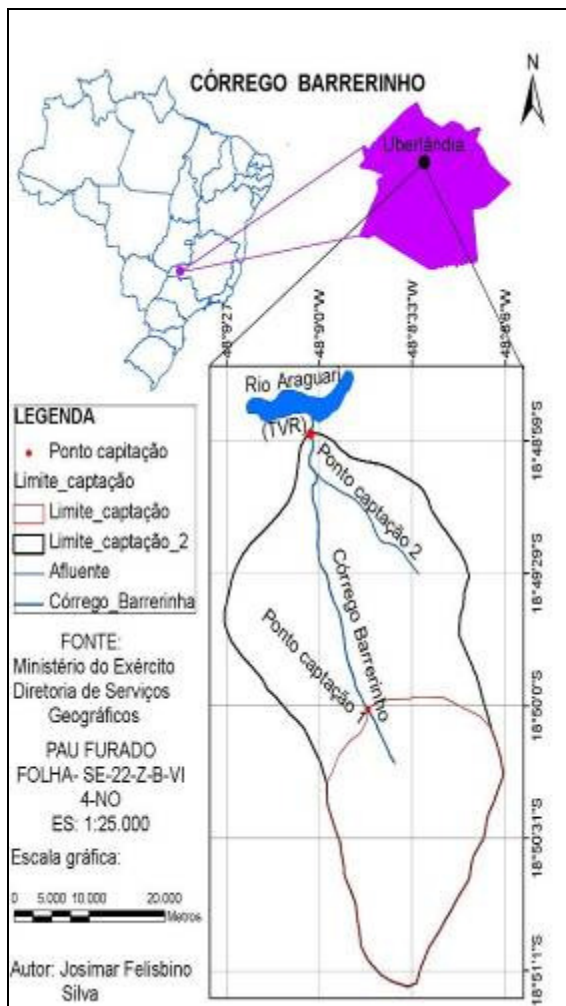


Figura 1- Bacia Hidrográfica do BARRERNHO em Uberlândia-MG. Fonte – SILVA, 2009.

O cálculo da vazão mínima natural de dez anos de recorrência e sete dias de duração ($Q_{7, 10}$) foi realizado para dois pontos diferentes dentro da bacia hidrográfica do Córrego Barrerinho: no ponto de captação 1 (Figura 2), localizado na nascente do Córrego Barrerinho e na fóz, no ponto de captação 2 (Figura 3).

A mensuração da vazão se deu através do método de medição de vazões por medição das velocidades de fluxo da água e a aquisição de dados de chuva ocorreu pontualmente através da utilização de um pluviômetro (Tucci, 2007).



Figura 2 - Ponto de captação 1 na nascente do Córrego Barrerinho Fonte – SILVA, 2009.



Figura 3 - Ponto de captação 2 na foz do Córrego Barrerinho. Fonte – SILVA, 2009

Os pontos de monitoramento foram selecionados a partir de dados planialtimétricos da carta geográfica, folha SE.22-Z-B-VI-4-NO do Exército brasileiro produzida pela Diretoria de Serviços Geográficos, sendo que para a aquisição das coordenadas dos pontos de monitoramento foi utilizado um GPS de navegação com precisão de até 2m.

O mapa hipsométrico e o clinográfico foram elaborados no software Arc Gis 9.2 através da extensão 3D Analyst, com o método TIN (Triangulated Irregular Network) também através da carta geográfica, folha SE.22-Z-B-VI-4-NO. Estes mapas servem para caracterizar o relevo da bacia, informação importante para entender as direções de fluxos e as características da superfície de escoamento.

O mapa de uso da terra foi elaborado através da utilização de uma imagem de satélite CBERS_2B_HRC de 30/12/2008 com resolução espacial de 2,7 metros. A vetorização dos polígonos referentes aos usos da terra foram realizadas manualmente no Arcgis 9.2 com posterior comprovação do respectivo uso através de trabalho

de campo realizado na área. Em relação aos dados de precipitação, os mesmos foram obtidos através da coleta de água de um pluviômetro instalado em uma fazenda dentro da área de estudo diariamente.

Para o tema declividade, que corresponde à variável relevo em mapas de escala de detalhe, Ross (1992) indica uma correlação entre as classes de declividades e a fragilidade do ambiente (Tabela 1).

Tabela 1 – Categorias de fragilidades e Classes de declividades. Fonte – ROSS, 1993.

CATEGORIAS DE FRAGILIDADE	CLASSES DE DECLIVIDADES
Muito fraca	Até 6%
Fraca	de 6 a 12%
Média	de 12 a 20 %
Forte	de 20 a 30%
Muito forte	Acima de 30%

Para o cálculo da vazão mínima natural de dez anos de recorrência e sete dias de duração ($Q_{7,10}$), foi utilizada como referência legal a Portaria Administrativa Nº 010/98 do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e a metodologia adotada pelo Conselho Estadual de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais (COPAM) que utiliza como referência a publicação sobre regionalização de vazão denominada “Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais.

O cálculo da vazão mínima natural de dez anos de recorrência e sete dias de duração ($Q_{7, 10}$) para os pontos de captações 1e 2, objeto deste trabalho se deu através da aplicação do formulário descrito no (quadro 1), e o primeiro elemento calculado foi a vazão de captação (Q_c) em que para seu cálculo adotou-se uma demanda (q) de 1l/s, ou seja, 86.400,0 litros de água/dia e para a população atendida (p), adotou-se uma pessoa (1).

De posse do valor da vazão de captação (Q_c), calculou-se a vazão mínima de duração mensal e recorrência decenal ($Q_{10,M}$) cujo valor do rendimento específico médio mensal ($Re_{10,M}$) encontrado foi três (3).

Para a área de drenagem (A_d), referente ao ponto de captação 1, o valor encontrado foi de 2,06km².

Após o cálculo da (($Q_{10,M}$)) encontrou-se a tipologia regional utilizando as coordenadas geográficas do ponto de captação 1 através do mapa 2 (Sousa, 1993), que para este caso a tipologia encontrada foi a 331.

Após a aquisição da tipologia o próximo passo foi encontrar os valores das variáveis para se calcular a Função de interferência para vazões mínimas com duração de 7 dias e 10 anos de recorrência ($F_{10,7}$); onde α , β e γ foram encontrados na tabela de função de inferência para rendimentos mínimos (Sousa, 1993), cujos valores foram os seguintes: α : 0,483077, β : 0,414511 e γ : 1,005892.

Quadro 1 – Formulário utilizado. Fonte: SOUZA,1993.

Equação	Termos da equação
$Q_c = q \cdot (p/86400,0)$	<p>Q_c: vazão de captação; q: demanda de água; p: população a ser atendida em número de habitantes; 86400: Representa o tempo de duração de um dia em segundos. $Q_{10,M}$: Vazão mínima de duração mensal e recorrência decenal;</p>
$Q_{10,M} = \frac{Re_{10,M}}{Ad}$	<p>Ad: Área de drenagem controlada pelo ponto de captação; $Re_{10,M}$: Rendimento específico médio mensal: contribuições unitárias mensais: Contribuições unitárias mínimas com dez anos de recorrência.</p>
$F_{10,7} = [(\alpha + (\beta \cdot (\gamma^7)))]$	<p>$F_{10,7}$: Função de interferência para vazões mínimas com duração de 7 dias e 10 anos de recorrência; α, β e γ: São tabelados.</p>
$Q_{7,10} = F_{10,7} \cdot Q_{10,M}$	<p>$Q_{10,M}$: Vazão mínima de duração mensal e recorrência decenal; $F_{10,7}$: Função de interferência para vazões mínimas com duração de 7</p>

<p>$Q_{disponível} = 30\%$ $Q_{7,10} - Q_{montante}$.</p>	<p>dias e 10 anos de recorrência. $Q_{disponível}$: Disponibilidade e hídrica. $Q_{montante}$: Quantidade de água outorgada à montante.</p>
--	---

Por último, calculou-se a ($Q_{7,10}$) multiplicando o valor da ($F_{10,7}$) pelo valor da ($Q_{10,M}$).

De posse do valor de $Q_{7,10}$, retira-se 30% da mesma, o qual representa a vazão máxima outorgável para cada ponto de captação dentro do estado de Minas Gerais se não houver outras captações a montante e a jusante do ponto de captação em estudo.

Se houver captações a montante, deve-se, após o cálculo dos 30% de ($Q_{7,10}$), fazer o cálculo da disponibilidade hídrica ($Q_{disponível}$) para diminuir as vazões já outorgadas à montante do ponto de captação referente aos 30% de $Q_{7,10}$. Assim se certificará a existência de água suficiente para a vazão que se deseja outorgar e garantirá que o curso de água permanecerá com 70% da $Q_{7,10}$.

O cálculo da disponibilidade hídrica ($Q_{disponível}$) foi realizado utilizando o formulário descrito no (Quadro 1), da seguinte forma: $Q_{disponível} = 30\%$ de $Q_{7,10} - Q_{montante}$.

Em relação ao ponto de captação 2, foram utilizados os mesmos procedimentos para o ponto de captação 1, com mudanças no tamanho da área de drenagem (Ad), os demais fatores tabelados permaneceram os mesmos devido a proximidade entre os pontos de captações.

Para a comparação da $Q_{7,10}$ calculada (Vazão mínima natural de dez anos de recorrência e sete dias de duração) com a vazão mínima medida utilizou-se de medições de vazões quinzenalmente no ponto de captação 1, localizado na nascente do Córrego Barrerinho e no ponto de captação 2, localizado em sua foz (Tabela 2).

Tabela 2- Vazões medidas no ponto de captação 1 e 2 do Córrego Barrerinho. Fonte – SILVA, 2009.

2009	Vazão (l/s)		Vazão média mensal	
	Ponto de captação o 1	Ponto de captação 2	Ponto de captação 1	Ponto de captação 2
6/1/2009	9,96	135,0	9,63	127,50
20/1/2009	9,31	120,0		
3/2/2009	18,86	125,0	21,51	111,66
17/2/2009	27,16	125,0		
3/3/2009	32,60	85,0		
17/3/2009	38,12	130,0		130,00
31/3/2009	37,54	130,0	36,08	
14/4/2009	39,61	130,0	33,83	130,00
28/4/2009	28,06	130,0		
12/5/2009	33,17	130,0	47,59	130,00
26/5/2009	62,02	130,0		
9/6/2009	42,92	130,0	35,51	130,00
23/6/2009	28,11	130,0		
2/7/2009	25,79	130,0	22,10	137,50
21/7/2009	18,41	145,0		
4/8/2009	12,56	145,0	11,68	145,00
17/8/2009	10,81	145,0		

Os elementos da morfometria escolhidos para fazer parte da presente pesquisa foram os seguintes: Densidade da drenagem, coeficiente de manutenção e índice de forma. Os cálculos dos mesmos foram realizados segundo a metodologia proposta por (Christofolletti, 1980).

A densidade da drenagem foi calculada porque ela é importante para a análise das bacias hidrográficas, pois apresenta relação inversa com o comprimento dos rios e indica se a bacia hidrográfica é bem ou mal drenada, o que influencia diretamente na vazão dos córregos da mesma.

O coeficiente de manutenção é importante para mostrar a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento permanente.

O índice de forma da bacia foi calculado porque influencia diretamente na intensidade do escoamento, quanto mais próximo da forma de um círculo for a bacia hidrográfica, mais água será captada em curto espaço de tempo, logo a área será vulnerável à grandes enchentes (Quadro 2).

Quadro 2 – Elementos calculados. Fonte- Christofolletti (1980).

Equação	Termos da equação
$Dd = \frac{Lt}{A}$	Dd: Densidade da drenagem. Lt: Comprimento total dos canais. A: Área da bacia hidrográfica.
$Cm = \frac{1 \times 1000}{Dd}$	Cm= Coeficiente de manutenção. Dd= Densidade da drenagem.
$K = \frac{P}{2\pi A}$	K: Índice de forma. A: área da Bacia. P=Perímetro da bacia

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade de drenagem calculada foi de 0,741 km/Km² indicando que existe 0,741 quilômetros de curso d'água por cada quilômetro quadrado de área significando que a área de estudo é mal drenada.

Para o coeficiente de manutenção o valor calculado foi de 1,5km² indicando que para a manutenção de um metro linear de canal de córrego é necessária uma área de 1,5km²

Em relação ao índice de forma o valor encontrado foi de 1,229, o que indica que a bacia hidrográfica do BARRERINHO possui forma alargada e não está sujeita a grandes inundações (Tabela 3).

Tabela 3- Elementos da morfometria calculados Conforme Christofolletti. Fonte – CHRISTOFOLETTI, 1980.

Denominação	Resultados
Densidade da drenagem: Dd.	da 0,741 km/Km ²
Coeficiente de manutenção: Cm.	de 1,5km ²
Coeficiente de compacidade: Kc.	de 1,34km ²

Através do mapa hipsométrico constatou-se que o baixo curso da bacia hidrográfica do BARRERINHO situa-se entre as cotas altimétricas de 580 e 670 metros. O médio curso situa-se entre as cotas de 670 e 760 metros e finalmente, o alto curso está situado entre as cotas de 760 e 860 metros apresentando um relevo bem dissecado (Figura 4).

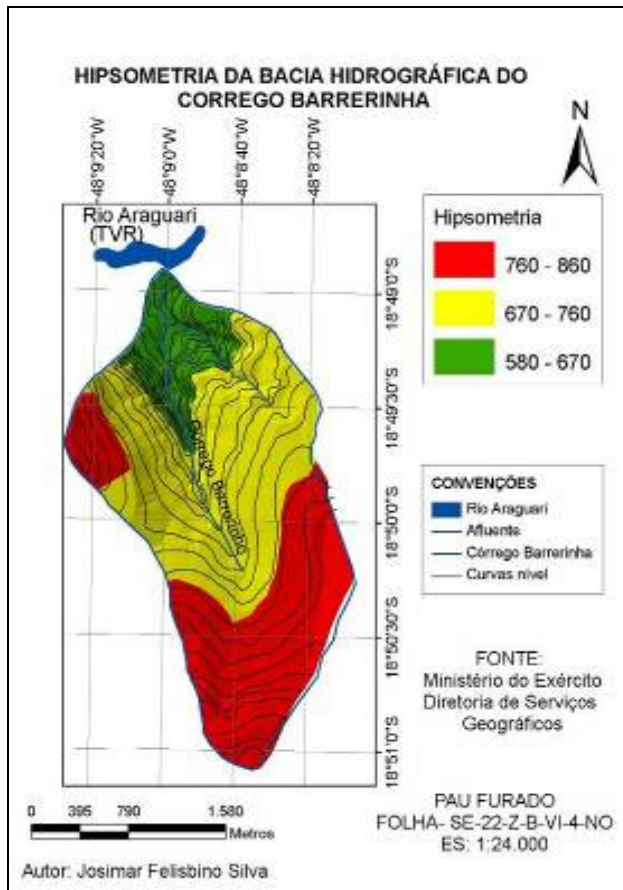


Figura 4-Hipsometria da Bacia Hidrográfica do Córrego Barrerinho. Fonte – SILVA, 2009.

Em relação á declividade, a área de estudo foi dividida em cinco classes de declividades conforme proposto por Ross (1993) sendo que a primeira, variando entre 0 e 6% está distribuída pontualmente em toda a Bacia Hidrográfica indicando uma fragilidade muito fraca.

As declividades entre 6 e 12% também estão distribuídas por toda a área e representam a maior área e indicando uma fragilidade fraca.

A classe de declividade entre 12 e 20% está distribuída pontualmente no alto curso, aumentando gradativamente a sua representatividade em direção a

foz do Córrego Barrerinho, apresentando a sua maior área no baixo curso da bacia hidrográfica em estudo e indicando que nestas áreas a fragilidade do relevo é média.As declividades entre 20 e 30% estão distribuídas pontualmente no alto e no médio curso apresentando maior área na região do baixo curso do Córrego Barrerinho e indicam que nesta região a fragilidade do relevo apresenta-se forte.

Para as declividades maiores que 30% que se localizam na região do baixo curso, tanto na margem do Córrego Barrerinho quanto na do seu afluente próximas ao curso d'água a fragilidade é muito forte. (Figura 5).

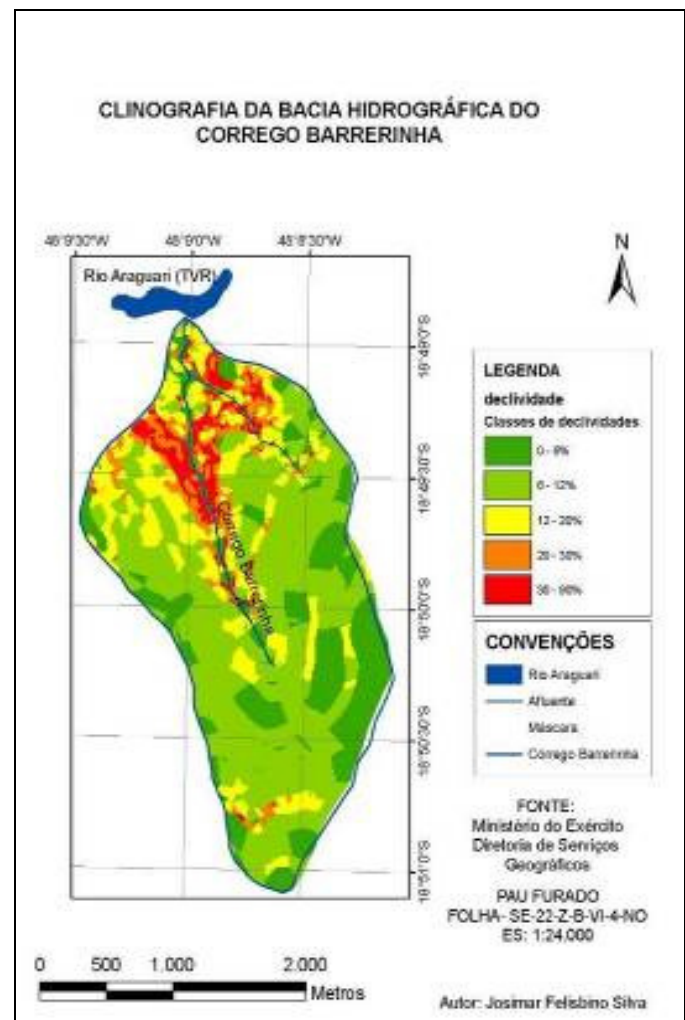


Figura 5-Declividade da Bacia Hidrográfica do Córrego Barrerinho. Fonte – SILVA, 2009.

Através do mapeamento do uso da terra na bacia Hidrográfica do Córrego Barreirinho foi

possível conhecer a espacialização de cada tipo de uso (Figura 6).

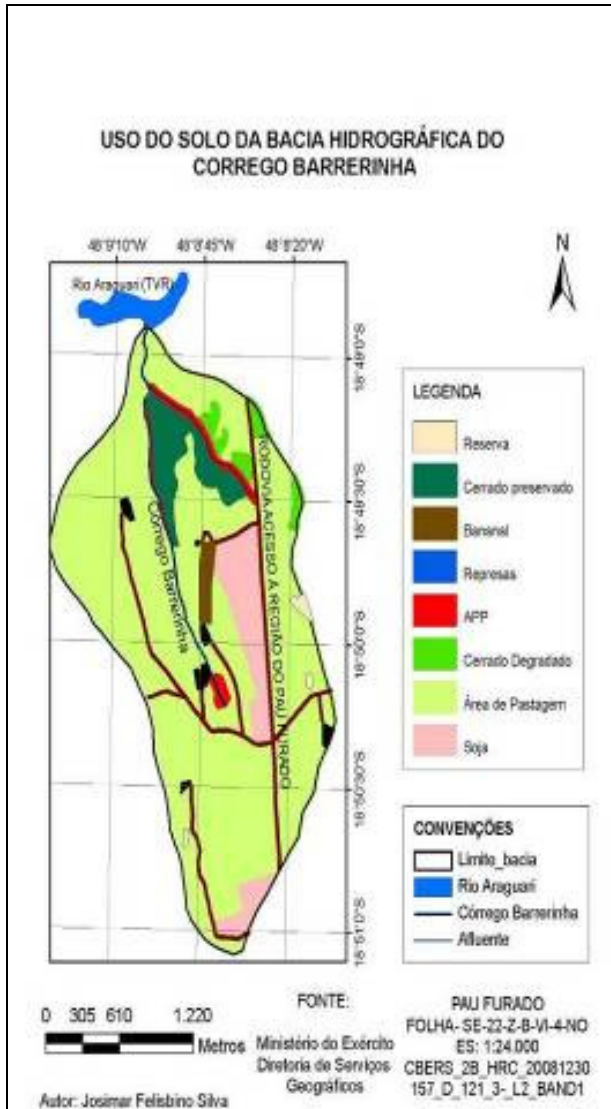


Figura 6–Tipos de Uso do Solo da Bacia Hidrográfica Córrego Barreirinha em 30/12/2009. Fonte – SILVA, 2009.

Os tipos de usos mais representativos encontrados foram as áreas para pastagens e o cultivo de soja com 79,98% e 8,39% respectivamente. Quase não existe área de Proteção Permanente nas margens do Córrego Barreirinho, restando apenas 2,46%.

Em relação ao Cerrado, existem somente 6,59% do mesmo e, deste total, 2,19% já está degradado restando somente 4,4% de Cerrado preservado (Tab. 4).

Tabela 4- Tipos de usos do solo e quantidade de área ocupada (ha). Fonte – SILVA, 2009.

TIPO DE CULTURA	ÁREA (hectares)	ÁREA (%)
Área de pastagem	416,55	79,98
Soja	43,70	8,39
Cerrado degradado	11,39	2,19
APP	12,80	2,46
Estradas	0,12	0,02
Sedes	5,53	1,06
Represa	0,06	0,01
Bananal	5,14	0,99
Cerrado Preservado	22,90	4,40
Reservas	2,60	0,50
Outros	0,11	0,02
Área total da Bacia	520,79	100,00

Desta forma, a vazão do Córrego Barreirinho poderá sofrer alterações futuras tendo em vista que o Cerrado quase não existe mais, sendo ele uma cobertura vegetal muito importante para a manutenção da vazão impedindo o escoamento rápido das chuvas fazendo com que mais água seja infiltrada no solo, cuja consequência é um melhor abastecimento do lençol freático. Além disso, a vegetação do Cerrado age como um filtro, impedindo o assoreamento dos cursos d’água.

Em relação à variação da vazão, constatou-se que os meses que apresentaram as menores vazões foram janeiro e agosto com 9,635 e 11,68 l/s respectivamente. As maiores vazões ocorreram nos meses de março e maio com 36,08 l/s e 47,595l/s respectivamente. Em relação a pluviosidade, os meses mais chuvosos foram fevereiro com 176,25mm e janeiro com 135 mm de chuva, os menos chuvosos foram julho, com 5mm e agosto com 8,75mm de chuva (Tabela 5).

Tabela 5- Vazão e pluviosidade na bacia hidrográfica do Córrego Barrerinho entre janeiro e agosto de 2009. Fonte – SILVA, 2009.

Ano (2009)	Vazão (l/s)		Pluviosidade
	Ponto captação 1	Ponto captação 2	
			Bacia Hid. Barrerinho
Janeiro	19,27	255,00	135,00
Fevereiro	46,02	250,00	176,25
Março	108,26	345,00	62,75
Abril	67,67	260,00	24,50
Maio	95,19	260,00	47,50
Junho	71,03	260,00	21,25
Julho	44,20	275,00	5,00
Agosto	23,37	290,00	8,75
TOTAL	475,01	2195,00	481,00

Verificou-se que o tempo decorrido entre a chuva de maior intensidade e a maior vazão medida foi de um mês e que com a diminuição gradativa da precipitação, a vazão também foi diminuindo, indicando que a relação entre a precipitação e o abastecimento do curso d'água pelo lençol freático é lenta, não ocorrendo imediatamente após a vazão de cheia, sendo dependente do volume de água acumulado no lençol freático (Figura 7).

Em relação à vazão de referência $Q_{7,10}$, os valores encontrados para o ponto de captação 1 e para o ponto de captação 2 foram 5,65 e 14,27l/s respectivamente. Como a vazão máxima permitida para outorga de água no Estado de Minas Gerais é somente 30% da $Q_{7,10}$, pode-se outorgar somente 1,6 l/s no ponto de captação 1 e 4,27 l/s no ponto de captação 2 (Tabela 6).

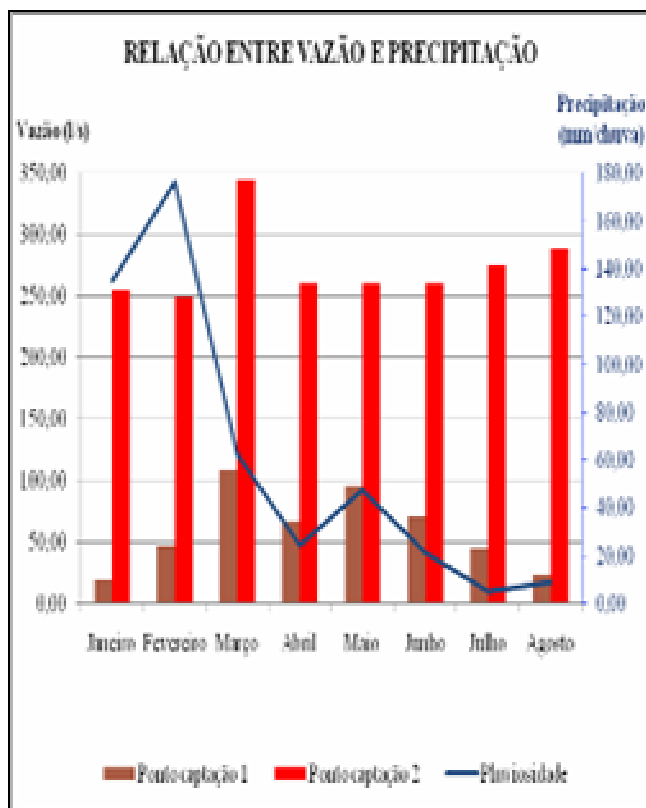


Figura 7 - Relação entre a pluviosidade e a vazão do Córrego Barrerinho entre janeiro e agosto de 2009. Fonte – SILVA, 2009.

Tabela 6- Resultados do cálculos efetuados para aquisição da vazão outorgável. Fonte – SILVA, 2009.

Nomenclatura	Resultados	
	Ponto captação 1	Ponto captação 2
q	11/s	11/s
Qc	11/s	11/s
Tipologia	331	331
$F_{10,7}$	0,9150	0,9150
$Re_{10,M}$	3,0 (tabelado)	3,0 (tabelado)
$Q_{10,M}$	6,18	15,57
$Q_{7,10}$	5,65	14,25
Vazão outorgável	1,69	4,27

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o período analisado, os valores de referências de vazões calculadas foram todos inferiores à vazão mínima medida, o que significa que não está sendo outorgado uma quantidade de água superior aos trinta por cento da $Q_{7,10}$.

Para o ponto de captação 1, a vazão outorgável foi de 1,69l/s e para o ponto de captação 2 foi de 4,2l/s, o que indica que no Córrego Barrerinho não existe muita água para ser outorgada.

Em relação a quantidade de água disponível para outorga no Córrego Barrerinho, de acordo com os dados avaliados, verificou-se que não existe muita água disponível, o que implica possivelmente na necessidade de revegetação das APPs (Área de Proteção Permanente) que estão degradadas, juntamente com um manejo adequado do solo para evitar o assoreamento do mesmo para manter os valores de vazões atuais.

Através da comparação da quantidade de água medida nos pontos de captações e das vazões de referência calculadas para os mesmos com a metodologia de regionalização de vazão adotada no estado de Minas Gerais, verificou-se que não está sendo outorgado água a mais do que deveria. Todas as medições de vazões apresentaram uma quantidade de água superior à vazão de referência calculada.

A metodologia utilizada e recomendada atualmente para o cálculo de vazões de referências para outorga de água no Estado de Minas Gerais é um instrumento muito importante tendo em vista que no estado a rede fluviométrica existente abrange somente os rios maiores. Desta forma o estudo de regionalização de vazão é o instrumento mais preciso que o estado dispõe hoje para viabilizar a concessão de outorga de água.

O presente estudo serviu para demonstrar que a metodologia utilizada para outorgar água no estado de Minas Gerais é muito importante tendo em vista que a mesma garante os 70% da vazão de referência para a manutenção da vida aquática apesar de o estudo de regionalização de vazão ter sido realizado a 17 anos atrás.

É muito importante para Minas Gerais promover a atualização do estudo de regionalização de vazão tendo em vista que houve modificações em

relação ao tipo de cobertura vegetal e uso do solo nos últimos 17 anos decorridos do estudo utilizado como referência para estado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brasil, 1984. Ministério do Exército. Diretoria de Serviços Geográficos. Carta Topográfica Pau Furado, Folha SE-22-Z-B-VI-4-NO. Brasília, 1 carta, color, Escala 1:25.000.

Christofoletti, A. 1980. Geomorfologia, 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher. 188p.

Minas Gerais. Deliberação Normativa CERH - MG nº 09, de 16 de junho de 2004. Disponível em: <www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=209>. Acessado em: 12 jan.2009.

Minas Gerais. Portaria Administrativa Nº 010/98. Disponível em: <www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=669>. Acessado em: 20 jan.2009.

Ross, J.L.S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. Revista do Depto de Geografia. FFLCH-USP, São Paulo, n8, p.63-74, 1994.

Silva, A.M.; Oliveira, P. M.; De Melo, C.R.; Pierangeli, C. Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.10, n.2, p.374-380, 2006.

Silva, A.M.; Schulz, H.E.; Camargo, P.B. Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas. São Carlos: Rima, 2003. 140 p.

Sousa, S.M.T. Deflúvios superficiais no Estado de Minas Gerais. 1.ed. Belo Horizonte: Hidrossistemas, 1983. 264p.

Tucci, C.E.M. Hidrologia : ciência e aplicação. 4.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2007. 943p.

Silva, A.M et al., 2006. Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.10, n2, p.374-380, 2006.

<<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n2/v10n2a19.pdf>>. Acessado em 22/08/2009

GEOTURISMO E GEOMORFOSSÍTIOS: REFLETINDO SOBRE O POTENCIAL TURÍSTICO DE QUEDAS D'ÁGUA – UM ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE INDIANÓPOLIS/MG

GEOTOURISM AND GEOMORPHOSITES: REFLECTING ABOUT THE TOURISTIC POTENTIAL OF THE WATER FALLS – A STUDY CASE IN INDIANÓPOLIS/MG

Lilian Carla Moreira Bento
Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia
liliancmb@yahoo.com.br

Sílvio Carlos Rodrigues
Professor Doutor do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia
silgel@ufu.br

RESUMO

É crescente o número de visitas em ambientes naturais e neste contexto emerge um novo segmento turístico que tem o patrimônio natural abiótico como atrativo – o geoturismo. Dentro das potencialidades exploradas pelo geoturismo, os geomorfossítios, pequena parcela da geodiversidade encontrada dentro do patrimônio natural abiótico, como as quedas d'água, são locais de grande potencial, sendo muito procuradas devido a sua beleza cênica. A Geomorfologia, em específico a Geomorfologia Fluvial, tem íntima relação com o geoturismo, fornecendo conhecimentos para a identificação, classificação, aproveitamento e gestão de belezas naturais relacionadas à dinâmica dos rios, tais como as quedas d'água que são o objeto de estudo do presente trabalho. Este trabalho tem por objetivo principal identificar, analisar e mapear as quedas d'água do município de Indianópolis, localizado na região do Triângulo Mineiro, Estado de Minas Gerais, visando subsidiar as reflexões acerca de seu potencial para aproveitamento pelo geoturismo e, conseqüentemente, estabelecimento de estratégias voltadas à geoconservação destes locais. A metodologia empregada envolveu revisão bibliográfica pertinente ao tema, realização de trabalhos de campo nas áreas com quedas d'água e trabalhos de gabinete. A partir desta metodologia depreendemos que a área de estudo apresenta diversas quedas d'água que podem ser aproveitadas pelo geoturismo, devendo, no entanto, ocorrer um planejamento que contemple e ordene a atividade turística no município de Indianópolis, oportunizando a implementação da geoconservação.

Palavras-chave: Turismo de natureza. Sítios geomorfológicos. Geoconservação. Indianópolis.

ABSTRACT

The quantity of visitation in natural environments are growing up and in this context , a new one touristic segment is emerging, which has the non-biotic natural patrimony as its attractive – the geotourism. Considering the potentialities explored by the geotourism, the geomorphosites, small parts of the geodiversity found inside of the non-biotic natural patrimony, water falls, are places of great potential, which are very explored by its scenic beauty. The geomorphology, specifically the fluvial geomorphology, has strong relation with the geotourism, supplying knowledge for the identification, classification, use and management of the natural beauty related to the fluvial dynamics, as the water falls, which are the object of this paper. The aim of this research is to identify, to analyse and to map the water falls of the Indianópolis city, located in Triângulo Mineiro region, Minas Gerais State, for subsiding reflections about its potential, use geotourism and, consequently, the establishment of the strategies related to the geo-conservation of these sites. The methodology used was related to the pertinent bibliographic review, field work in water falls spots and lab work. This methodology permits to identify a lot of water falls that can be used in geotourism. However, it is necessary to make a planning for organizing the touristic activity in Indianópolis, which will be fundamental for the geo-conservation.

Keywords: Natural tourism. Geomorphologic sites. Geoconservation. Indianópolis.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o número de visitas para ambientes naturais tem aumentado, revelando segmentos turísticos que proporcionam a apreciação e o entendimento da paisagem natural.

Já existem estudos que trabalham na perspectiva de compreensão dos fatores que levam a esse aumento e, em linhas gerais, autores como Santos (2004), Lima (2003), Seabra (2003), entre outros, destacam aqueles relacionados com a qualidade de vida urbana, com a instrução escolar, com aspectos econômicos, espirituais etc.

O geoturismo é um segmento turístico recente que busca priorizar os aspectos naturais negligenciados pelo ecoturismo: geologia e geomorfologia, como cavernas, sítios paleontológicos, maciços rochosos, quedas d'água etc., proporcionando uma experiência turística que vai além da contemplação, agregando informações sobre a origem e formação dos locais visitados.

Devido a beleza e à gama variada de atividades educativas e de aventura que podem ser realizadas em quedas d'água, esses locais despontam com grande potencial para serem aproveitados pela atividade turística, sendo apenas um exemplo do imenso potencial dos geomorfossítios e/ou sítios geomorfológicos.

Nesse sentido, torna-se evidente a relação entre o geoturismo e a geomorfologia, esta última tendo seu objeto de estudo apropriado pelo primeiro e sendo, ao mesmo tempo, referência no entendimento da paisagem e na realização de projetos de planejamento turístico.

O objetivo do presente estudo é identificar, mapear e analisar as quedas existentes no município de Indianópolis, buscando evidenciar o potencial desses locais para a prática do geoturismo e sua relação com a ciência geomorfológica.

1.1 Geoturismo: um conceito em construção

Nos dias atuais, as modalidades e seus respectivos segmentos turísticos realizados em áreas naturais têm sido mais procuradas, sinalizando dois processos inter-relacionados: deteriorização da qualidade de vida urbana e busca pela reaproximação

de áreas naturais sadias, seguras e tranqüilas.

Dos segmentos turísticos que têm a natureza como matéria-prima o geoturismo é o mais recente, fazendo com que o seu conceito ainda esteja em construção, sendo reelaborado e enriquecido com a contribuição de estudiosos de todo o mundo.

O primeiro conceito relacionado a essa nova segmentação turística foi criado por Thomas Hose em 1995 e aprimorado em 2000 e está relacionada com a promoção dos valores e benefícios de lugares e materiais geológicos e geomorfológicos, assegurando sua conservação, seja para uso de estudantes, turistas ou demais pessoas com interesse recreativo ou de lazer (Hose, 2000 apud Nascimento, Ruchkys, Mantesso Neto, 2007b).

O geoturismo está relacionado, portanto, com os recursos naturais muitas vezes negligenciados pelo ecoturismo, os aspectos geológicos e geomorfológicos, ou seja, os fatores abióticos e pode ter, basicamente, três motivações: recreação, lazer e aprendizado, todos contribuindo para a conservação de atrativos como cachoeiras, cavernas, afloramentos rochosos etc.

Hose (2000) não foi o único a tentar definir geoturismo, após ele surgiram muitos outros estudiosos e instituições nessa mesma empreitada, alguns priorizando os aspectos geológicos, outros os geomorfológicos e ainda outros que ampliaram o seu leque de abrangência, relacionando-o com o turismo didático, entre eles, Nascimento, Ruchkys, Mantesso Neto, 2007; Silva, 2007; Rocha, Nascimento, 2007; Manosso, 2007; Araújo, 2005.

Inferimos, diante da riqueza de conceitos existentes, que o geoturismo é um segmento turístico recente, tendo surgido na intenção de preencher uma lacuna do ecoturismo, dando atenção aos fatores abióticos da paisagem como elementos geológicos e/ou geomorfológicos, buscando sua apreciação, interpretação e/ou conservação.

A preocupação em identificar e visitar áreas com atrativos geoturísticos tem como respaldo a necessidade de ser conservar e valorizar aspectos da geodiversidade que permitem entender, entre outros, a formação do planeta Terra e a gênese das formas de relevo, atribuindo ao turismo não só um caráter de contemplação, mas também um caráter científico (Silva, Oka-Fiore, 2008).

1.2 Geoturismo & Geomorfossítios

Hoje em dia tem sido comum a atribuição de valores à geodiversidade, procurando selecionar áreas com reconhecida importância, denominados de patrimônio geológico.

O patrimônio geológico é uma pequena parte representativa da geodiversidade e que apresenta valores significativos para a sociedade, sejam eles: intrínseco, cultural, estético, econômico, científico e/ou funcional e que englobando elementos notáveis podem ser classificados em outros tipos de patrimônio: geomorfológico, petrológico mineiro, tectônico etc (Figura 1).

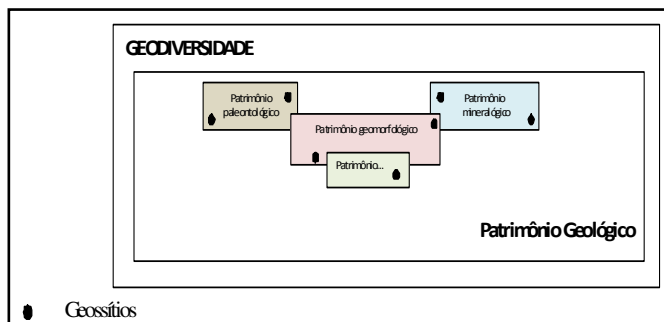


Figura 1 - Hierarquização dos conceitos de geodiversidade e patrimônio geológico / Fonte: Adaptado de Forte, 2008, p. 28.

Dentro do patrimônio geológico tem sido evidente a individualização do patrimônio geomorfológico e Forte (2008, p. 53) explica que isso se dá por motivos principais, os quais: necessidade de preservar geoformas que tenham valor educativo, recreativo, turístico ou ambiental e destacar a importância da Geomorfologia enquanto área científica.

O patrimônio geomorfológico, também conhecido como sítio geomorfológico ou geomorfossítio engloba paisagens de grande beleza cênica, como chapadas, picos, quedas d'água, entre outras e designam o conjunto de formas de relevo e/ou depósitos correlativos de grande valor para a sociedade, principalmente valor científico (Pereira, 2006).

Panizza e Piacente (2008), reforçam o conceito acima descrito, afirmando que um geomorfossítio [...] is a landform with particular and significant geomorphological attributions, which qualify it as a component of a territory's cultural heritage (in a broad sense). The attributes that can

confer value on a landform, making it an actual geomorphological asset, are: scientific, cultural, socioeconomic, scenic.

Os geomorfossítios são, portanto, áreas naturais onde os atributos principais estão relacionados à dinâmica geomorfológica, apresentando algum valor para a sociedade e sendo classificados em diferentes categorias temáticas considerando suas características litológicas, estruturais, elementos geomorfológicos, entre outros (Pereira et al, 2006): geoformas tectônicas, graníticas, vulcânicas, cárnicas, litorais, residuais, tectônicas, fluviais, culturais, glaciárias.

Dentre essas categorias, este trabalho enfocará as geoformas fluviais e segundo Christofolletti (1980), estas formas de relevo geradas em ambientes fluviais estão relacionadas a dois processos: sedimentação e erosão.

A partir dos processos erosivos são originadas formas topográficas, sendo as marmitas, as corredeiras e as quedas d'água as mais comuns. Estudar e entender essas formas topográficas, principalmente as quedas d'água, não é tarefa fácil devido a complexidade do fenômeno e escassez de pesquisas que buscam compreender não só essas formas, como os processos que a elas deram origem. A primeira dificuldade é em classificar as quedas d'água em cachoeira, salto, cascata ou catarata, visto que em muitos lugares estes termos são tidos como sinônimos.

No Dicionário Geológico-Geomorfológico catarata seria um degrau no perfil longitudinal de um rio, produzindo grande queda d'água; cascata refere-se a sucessão de pequenos saltos em um curso onde aparecem blocos de rochas; cachoeiras são quedas provocadas devido a existência de um degrau no perfil longitudinal do mesmo e o salto é considerado sinônimo dos exemplos acima citados (Guerra, 1972).

De maneira abrangente, quedas d'água "são locais onde a água do rio cai de maneira subvertical, descolando-se da rocha do leito" (Christofolletti, 1981, p. 241) devido a existência de um degrau no perfil longitudinal do mesmo (Guerra, 1994 apud Jatobá; Lins, 1998). Essas quedas podem ser de três tipos, considerando sua formação:

1- Quedas d'água de origem erosiva: são formadas durante o entalhamento do curso d'água devido ao

potencial erosivo diferencial das rochas. Podem ser:

a) Localizadas sobre camadas horizontais ou com suave inclinação: ocorre quando uma formação litológica mais resistente recobre camadas mais fracas. Nesse caso, tem início o solapamento do material menos resistente deixando a camada superior sem sustentação, provocando a queda de blocos, num processo denominado de erosão regressiva. Esse tipo de erosão avança à montante, mantendo a verticalidade do desnível da queda (Christofoletti, 1981).

b) Localizada sobre barras rochosas verticais: ocorrem quando afloramentos de diques, camadas inclinadas verticalmente, justapõem rochas de erodibilidade diferente ao longo de contatos verticalmente orientados.

2- Quedas d'água de origem erosiva, exceto erosão diferencial: ocorrem devido a descontinuidades do próprio maciço rochoso de mesma litologia, como escarpas de falha ou vales tributários suspensos (Silva, 2004).

3- Quedas d'água criadas pela deposição de calcita: surgem em locais onde há rochas cársticas e ocorre sua decomposição e posterior deposição de calcita pela precipitação da solução em água subterrânea.

As quedas de água, além da grande beleza cênica, são locais onde é possível visualizar os tipos litológicos, permitindo a interpretação e o entendimento dos processos formadores não só da geologia como da geomorfologia, sendo excelentes atrativos geoturísticos.

Essa relação entre o Geoturismo e a Geomorfologia, aqui representada pelas geoformas fluviais é inequívoca e precípua, proporcionando aos turistas não apenas o “desfrutar” e contemplar os lugares, mas compreender sua origem e evolução.

Outro aspecto importante nessa relação entre o turismo e a geomorfologia é que esta última, além de conferir cientificidade à contemplação turística, serve também como instrumento de planejamento, ajudando a ordenar a atividade turística e a torná-la mais viável e sustentável.

Soares e Silva (Apud Guerra; Marçal, 2006)

declaram que há uma relação entre a Geomorfologia e o turismo, pois a primeira pode ter seus estudos sobre áreas que são atrativos turísticos, como quedas d'água, cavernas, lagos, rios, etc. aproveitados pela atividade turística, maximizando sua utilização através de uma gestão sustentável.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada neste trabalho envolveu dois procedimentos: documentação indireta e documentação direta. A primeira ficou restrita ao levantamento, localização, compilação e fichamento das obras pertinentes ao tema.

A documentação direta envolveu a realização de trabalhos de campo e estes foram realizados com a contribuição de servidores públicos da Prefeitura Municipal de Indianópolis que ajudaram a localizar e identificar as quedas d'água existentes no município.

Os mapeamentos tiveram início com a elaboração do mapa de localização e delimitação da área de pesquisa e depois o mapa de localização das quedas d'água, elaborado tendo como base os diversos trabalhos de campo que permitiram coletar as coordenadas geográficas de cada ponto visitado e permitiram também o registro fotográfico das áreas visitadas.

Para a produção do mapa de localização das cachoeiras foram utilizados, especificamente, dois softwares: AutoCad 2004 e ArcView Gis 3.1. No primeiro programa foi digitalizada a base cartográfica do município de Indianópolis, com a localização da rede de drenagem presente na área de estudo. Posteriormente, essa base foi importada para o segundo programa, no qual foi feito o georreferenciamento das cachoeiras.

2.1 Área de estudo

O município de Indianópolis tem uma área de 833, 870 km² e, segundo a Associação Mineira de Municípios, está localizado no Triângulo Mineiro, oeste de Minas Gerais, sendo limítrofe aos municípios de Uberlândia, Araguari, Nova Ponte, Uberaba e Estrela do Sul (IGA, 2009), entre as coordenadas geográficas 18° 51' 06'' e 19° 07' 13'' de latitude Sul e 47° 39' 42'' e 48° 06' 09'' de

longitude Oeste (Figura 2).

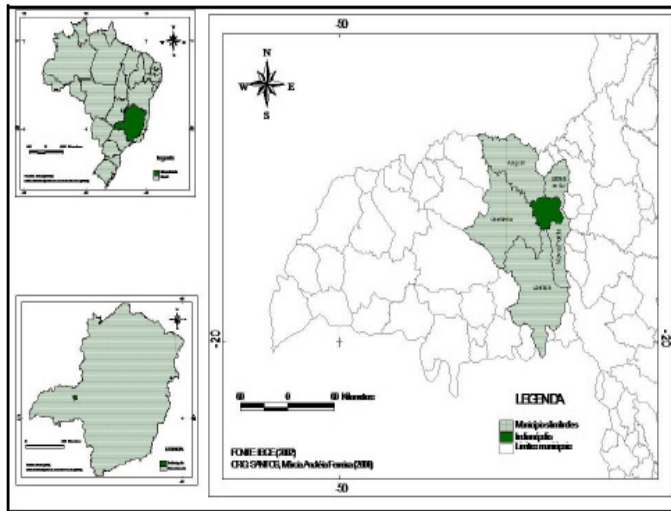


Figura 2 - Localização do município de Indianópolis.

2.2 Geologia e Geomorfologia da área de estudo

Localizado no Triângulo Mineiro, Indianópolis se insere na morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná, num conjunto de relevo denominado de planaltos e chapadas.

Baccaro et al (2004) explica que essa bacia sedimentar apresenta dois tipos básicos de rochas: sedimentares e vulcânicas e esse conjunto rochoso “representa a superposição de pacotes depositados, no mínimo, em três ambientes tectônicos, decorrentes da dinâmica tectônica de placas, que conduziu à evolução do supercontinente de Gondwana, no tempo geológico” (Zalán et al, 1990 apud Baccaro et al, 2004, p. 7).

De forma geral, “o quadro paisagístico das chapadas é definido pela presença de relevo suave ondulado com topos planos, com vertentes longas e convexizadas” (Feltran Filho, 1997, p. 152).

Baccaro et al (2004), considerando a geologia e os níveis de dissecação do relevo, incluem o município de Indianópolis em três unidades morfoesculturais: Canyon do Rio Araguari, Planalto Dissecado e Planalto Tabular (Figura 3).

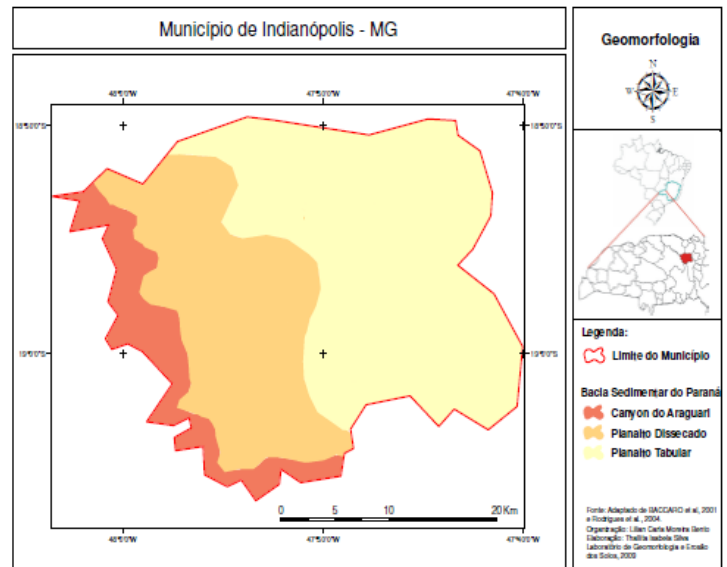


Figura 3 - Unidades morfoesculturais de Indianópolis.

- Canyon do Rio Araguari: segundo Baccaro (1991) corresponde a borda da Chapada Araguari-Uberlândia, estendendo-se até os rios Paranaíba e Grande.

Vem sendo dissecada por vários afluentes e apresenta vertentes abruptas, além disso, as altimetrias variam de 500 a 700 m, a declividade de 25° a 40° e a maior parte desta unidade encontra-se assentada sobre as rochas do Grupo Araxá.

Os solos são, em sua maioria, Argilossolos e Cambissolos e é muito comum nesta unidade a presença de pastagens e áreas de preservação ambiental.

- Planalto Dissecado: tem como característica principal o modelado do tipo denudacional de topo plano ou tabular com formas mais ou menos dissecadas a medida que aproxima-se dos vales dos rios.

A altitude varia de 700 a 900 m e a geologia predominante são os basaltos aflorando nos fundos de vale e a Formação Nova Ponte aparecendo nos topos. Os solos do tipo Cambissolo, Latossolo e Nitossolo predominam nesta unidade, condicionando o uso do solo com pastagens, reflorestamento e culturas de café.

Nesta unidade é comum o aparecimento de cachoeiras e corredeiras e tal fato pode ser explicado pela sua localização “[...] a montante de rupturas estruturais (*knick points*) nos derrames da Formação Serra Geral” (Baccaro et al, 2001, p. 122).

- Planalto Tabular: tem por característica principal as formas de relevo do tipo denudacional tabular, com modelados suavemente ondulados. Referente à geologia predomina a Formação Marília que é parcialmente coberta por sedimentos do Cenozóico, porém, em Indianópolis só visualizamos a Formação Nova Ponte.

Os solos predominantes são Latossolos de texturas argilosas o que aliado a um modelado de declividade suave favorece o uso do solo pela agricultura, destacando-se as grandes lavouras de soja e café, além dos reflorestamentos.

Com altitudes variando entre 900 e 1000 m, é comum o aparecimento de veredas. Esses locais “são vales amplos com fundo plano, com presença de sedimentos colúvio-aluviais compostos por argilas e materiais orgânicos, em ambiente hidromórfico. São recobertas por vegetação de gramíneas e ciperáceas, com grande destaque para a palmeira buriti” (Lima, 1996 *apud* Rodrigues *et al*, 2004, p. 30-31).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A arquitetura geológica e geomorfológica de Indianópolis, aliada à interação destes com outros fatores naturais e com o homem, revela paisagens singulares, destacando-se as quedas d'água.

Foram identificadas e mapeadas 20 quedas d'água no município de Indianópolis, estas estando distribuídas por todo o território, desde as áreas mais rebaixadas às mais elevadas, ocupando canais principais e secundários (Figura 4).

A principal explicação para a formação das quedas encontradas em Indianópolis está relacionada a existência de grandes desníveis topográficos ao longo de alguns cursos d'água, originados a partir da reativação de falhas e fraturas a partir do Cretáceo, bem como pela erosão vertical iniciada a partir do Cenozóico.

Outro aspecto a ser considerado, mas que está mais ligado com a questão da esculturação das quedas é o substrato rochoso do município que apresenta resistência diferencial a erosão (basalto em contato com o arenito), o que confere condições propícias ao aparecimento de pequenas quedas e corredeiras.

Nesse município identificamos duas classes

de queda d'água, uma em que a explicação da formação está no potencial erosivo do substrato rochoso de diferentes litologias e a outra refere-se também ao potencial erosivo, porém pelas descontinuidades do próprio maciço rochoso de mesma litologia.

No primeiro caso aparecem quedas d'água muito comuns na Bacia Sedimentar do Paraná, quando há o contanto de derrames de basalto com arenitos (arenito Botucatu), rocha mais facilmente erodida. Nessa situação é iniciada a erosão remontante, tendência que as quedas têm de regredir rio acima, devido ao solapamento da base menos resistente, formando sulcos profundos chamados de canhões (Leinz, Amaral, 1995).

No segundo caso, o potencial erosivo ocorre devido a algum tipo de descontinuidade num mesmo tipo litológico. Especificamente no município de Indianópolis, observa-se que esse tipo de descontinuidade tem como explicação a presença de soleiras ou de derrames de basalto com características distintas.

Quando uma soleira interpõe o curso de um rio a velocidade da água aumenta ao transpô-la e isso faz com que a água se concentre em um curso mais estreito que o amplo a montante e, conseqüentemente, seu poder erosivo também é aumentado. Com mais força, esse fluxo de água tende a desalojar blocos de basalto, propiciando o aparecimento de quedas d'água (Bartorelli, 1997). Barcha e Arid (1975) explicam que pode acontecer também de blocos de basalto serem removidos pelo rio quando a erosão, mais acentuada na base, destrói o basalto amigdalóide ou o basalto fraturado horizontalmente que aí ocorrem.

Bartorelli (1997) em seus estudos sobre a origem das cachoeiras da Bacia do Alto Paraná identificou esse tipo de situação e ressalta a idéia dos autores supracitados (1975), explicando que dentro de um mesmo tipo litológico, no caso os derrames de basalto, pode haver diferenciação no processo erosivo devido ao comportamento interno do próprio derrame de basalto.

Isso acontece quando camadas basálticas intertrapeanas mais delgadas, vesículo-amigdaloidais e com diaclasamento horizontal são erodidas, permitindo que a força da água atinja a parte central dos derrames. A partir de então há a formação de

uma queda devido ao desabamento de grandes colunas de basalto que são isolados, por diaclasamento vertical, expondo abruptos paredões.

Outro elemento que tem ajudado no deslocamento de blocos ao longo das cachoeiras é o intemperismo biológico, sendo as raízes das árvores grandes responsáveis pela desintegração das rochas, tornando-as mais susceptíveis à atuação de outros processos de alteração física e/ou química.

O potencial geoturístico dessas quedas é extremamente relevante, visto que a identificação dos tipos litológicos expostos nesses locais possibilita associá-lo com sua formação estratigráfica, revelando informações, entre outras, sobre a idade das rochas, o tipo de ambiente onde ela foi gerada e a relação desta com o modelado da superfície, contribuindo, portanto, para entender os aspectos geológicos e geomorfológicos locais e regionais.

Além disso, são áreas importantes do ponto de vista biogeográfico, pois criam condições ambientais específicas, “sendo um ambiente muito propício ao surgimento de espécies endêmicas de plantas e animais, tudo isto em função da umidade do ar, no solo e nas paredes rochosas” (Rodrigues; Oliveira, 2007, p. 28), permitindo uma visita onde se integre a visão geral dos aspectos bióticos e abióticos da natureza, unindo o geoturismo com o ecoturismo e estes com os esportes de aventura.

4. CONCLUSÃO

O município de Indianópolis está inserido numa região que devido suas características físicas proporcionou, ao longo do tempo geológico, o aparecimento de inúmeras quedas d’água. Essas quedas podem ser consideradas geomorfossítios, devido sua beleza cênica e também pelo seu valor didático e científico, possibilitando o entendimento da geologia e geomorfologia locais, sendo áreas que têm grande potencial para serem aproveitadas pelo geoturismo.

Entretanto, o município ainda precisa proceder ao planejamento da atividade turística antes de divulgar essas quedas, do contrário, esses locais correm o risco de serem degradados e perderem, gradativamente, sua atratividade.

A Geomorfologia é uma ciência que muito pode contribuir nessa etapa de planejamento, este

amparando-se nos instrumentos legais hoje existentes, haja vista que o relacionamento do turismo com o meio ambiente está longe de ser simples.

Numerosas situações de conflito são registradas e, diante de sua fragilidade, cada medida ou precaução pode gerar um efeito perverso, difícil de controlar. O desafio reside em encontrar o equilíbrio entre o desenvolvimento da atividade e a proteção ambiental (Ruschmann, 1997).

Depreendemos que é inegável a riqueza e potencial das quedas d’água existentes no município de Indianópolis, estas revelando, cada uma com um tipo de beleza e com uma característica distinta que possibilita a compreensão da geologia e geomorfologia, locais de grande importância no cenário ambiental e econômico.

Entretanto, esses locais, apesar de toda importância e potencial, devem ser fechadas a visitação até que um planejamento garanta seu aproveitamento sustentável, com o menor impacto para a população local e para a manutenção do equilíbrio ecológico desses locais tão belos e frágeis

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo financiamento do projeto 401027/2010-4 e a CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de doutorado.

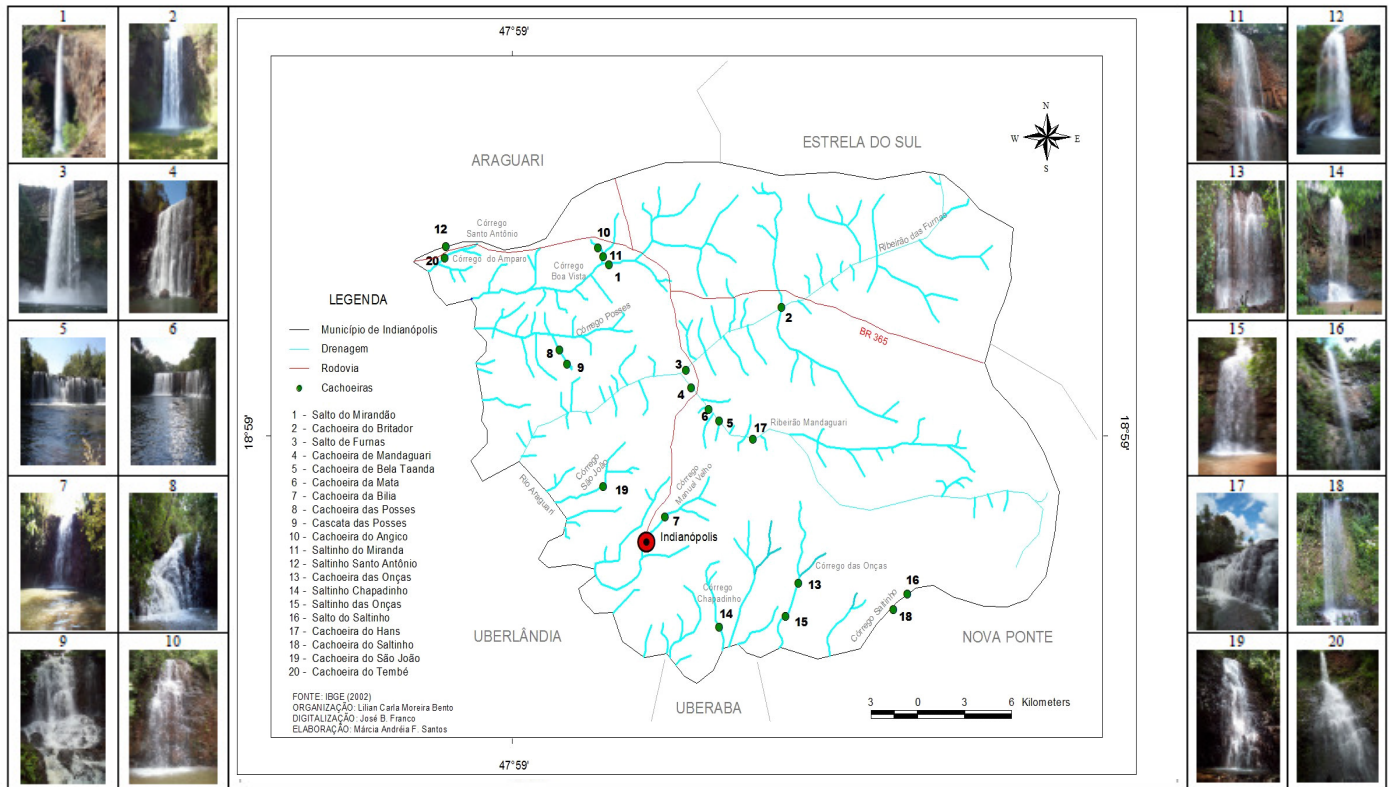


Figura 4 - Localização das quedas d'água em Indianópolis.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araújo, E. L. da S. 2005. *Geoturismo: conceptualização, implementação e exemplo de aplicação ao Vale do Rio Douro no Setor Porto-Pinhão*. 2005. 219 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Escola de Ciências, Universidade do Minho, Minho.

Baccaro, C. A. D. 2001. Unidades geomorfológicas do Triângulo Mineiro – estudo preliminar. *Sociedade e Natureza*, Uberlândia, v. 3, n. 5 e 6, p. 37-42.

Baccaro, C. A. D. et al. 2004. Mapeamento geomorfológico da Bacia do Rio Araguari (MG). In: LIMA, S. do C.; SANTOS, R. J. (Orgs.). *Gestão Ambiental da Bacia do Rio Araguari – rumo ao desenvolvimento sustentável*. Uberlândia: EDUFU. p. 1-19.

Barcha, S. F.; Arid, F. M. 1975. Origem das cachoeiras da Bacia do Alto Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 120-135.

Bartorelli, A. 1997. *As grandes cachoeiras da Bacia do Paraná e sua relação com alinhamentos tectônicos*. 1997. 190 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

Christofoletti, A. 1980. *Geomorfologia*. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher. p. 65-101.

Christofoletti, A. 1981. *Geomorfologia fluvial*. São Paulo: Edgard Blucher. 313 p.

Feltran Filho, A. 1997. *A estruturação das paisagens nas Chapadas do Oeste Mineiro*. 1997. 252 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Forte, J. P. 2008. *Patrimônio geomorfológico da Unidade Territorial de Alvaíazere: inventariação, avaliação e valorização*. 2008. 295 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade de Lisboa, Lisboa.

- Guerra, A. T. 1972. *Dicionário Geológico-Geomorfológico*. 4 ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia. 439 f.
- Guerra, A. T.; Marçal, M. dos S. 2006. *Geomorfologia ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 192 p.
- Jatobá, L.; Lins, R. C. 1998. *Introdução à Geomorfologia*. 2 ed. Recife: Bagaço. 150 p.
- Leinz, V.; Amaral, S. E. do. 1995. *Geologia Geral*. 6 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 360 p.
- Nascimento, M. A.; Ruchkys, U. A. de; Mantesso Neto, V. 2007. Geoturismo: um novo segmento do turismo. *Revista de Turismo*, Belo Horizonte, v. 2, n. 3. Disponível em: <<http://www.turismo.pucminas.br>>. Acesso em: 01 mar. 2008.
- Manosso, F. C. 2007. Geoturismo: uma proposta teórico-metodológica a partir de um estudo de caso do município de Apucarana-PR. *Caderno Virtual de Turismo*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2. Disponível em: <<http://www.cvt-rj.net>>. Acesso em: out. 2008.
- Panizza, M.; Piacente, S. 2008. Geomorphosites and Geotourism. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 2, n. 1, p. 5 – 9. Disponível em: <<http://geograficaacademica.webng.com>>. Acesso em: jan. 2010.
- Pereira, D. et al. 2006. *Inventariação temática do patrimônio geomorfológico português. Geomorfologia – ciência e sociedade*, Coimbra, v. 3, p. 155 – 159. Resumo expandido do trabalho apresentado no Congresso Nacional de Geomorfologia, 2.
- Pereira, P. J. da S. 2006. *Patrimônio geomorfológico: conceptualização, avaliação e divulgação. Aplicação ao Parque Natural de Montesinho*. 395 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Ciências, Universidade do Minho, Minho.
- Rocha, J. C. A. da; Leite do Nascimento, M. A. 2007. O Pico do Cabugi como produto ecoturístico e geoturístico no Rio Grande do Norte. *Global Tourism*, [s.l.], v. 3, n. 2. Disponível em: <<http://www.periodicodeturismo.com.br>>. Acesso em: 01 mar. 2008.
- Rodrigues, S. C.; Oliveira, P. C. A. de. 2007. *Programa de registro de patrimônio natural – Complexo Energético Amador Aguiar*. Araguari: Zardo. 90 p.
- Rodrigues, S. C. et al. 2004. Cartografia geomorfológica e os condicionantes hidrogeomorfológicos de erosão em áreas amostrais na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari. In: LIMA, S. do C.; SANTOS, R. J. (Orgs.). *Gestão Ambiental da Bacia do Rio Araguari – rumo ao desenvolvimento sustentável*. Uberlândia: EDUFU. p. 21-43.
- Ruschmann, D. 1997. *Turismo e planejamento sustentável – a proteção do meio ambiente*. Campinas: Papirus. 199 p.
- Silva, F. R. 2007. *A paisagem do Quadrilátero Ferrífero, MG: Potencial para o uso turístico da sua geologia e geomorfologia*. 144 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br>>. Acesso em: 20 ago. 2008.
- Silva, J. R. B. da. 2004. *Contribuições da geologia para o desenvolvimento sustentável do turismo no município da Estância Turística de Paraguaçu Paulista (SP)*. 118 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.
- Silva, J. M. F. da; Oka-Fiori, C. 2008. Geomorfologia e turismo: potencial da Escarpa da Esperança, Centro-Sul do Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 7, 2008, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.