



HERBÁCEAS AQUÁTICAS EM SEIS IGAPÓS NA AMAZÔNIA CENTRAL: COMPOSIÇÃO E DIVERSIDADE DE GÊNEROS

HERBACEOUS AQUATIC PLANTS IN SIX IGAPÓ FLOOPLAINS IN CENTRAL AMAZONIA: GENERIC COMPOSITION AND DIVERSITY

Aline Lopes

Programa de Pós-graduação em Ecologia. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Grupo MAUA. PELD MAUA. Manaus, Amazonas
alopesmga@gmail.com

Florian Wittmann

Max Planck Institute for Chemistry, Biogeochemistry Department, Mainz, Germany
f-wittmann@web.de

Jochen Schöngart

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. CDAM/Grupo MAUA. PELD MAUA. Manaus, Amazonas
j.schoengart@mpic.de

Maria Teresa Fernandez Piedade

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. CDAM/Grupo MAUA. PELD MAUA. Manaus, Amazonas
maitepp@inpa.gov.br

RESUMO

As herbáceas aquáticas são componentes estruturais dos corpos de água amazônicos e de suas áreas alagáveis. Elas propiciam abrigo e alimento para organismos da biota aquática, enriquecem nutricionalmente os ambientes e sua ocorrência e abundância estão relacionadas às propriedades físicas e químicas dos diferentes corpos de água da região, que refletem a geologia de suas áreas de captação. Neste estudo foi estabelecida e analisada a riqueza de gêneros de herbáceas aquáticas e sua distribuição em seis igapós de água preta na Amazônia Central; esses resultados foram comparados àqueles disponíveis na literatura para áreas de várzea também da Amazônia Central. Os resultados foram obtidos por meio de inventários realizados entre os anos de 2007 e 2013 nos rios Negro, Jaú, Jufari, Acará, Água Boa do Univini e Cuiuni. Foram amostradas 106 parcelas retangulares de 100 x 1 m distribuídas nos seis pontos amostrais (10 a 29 parcelas por ponto). O levantamento florístico revelou 63 gêneros distribuídos em 25 famílias botânicas, predominando as famílias Cyperaceae, Poaceae e Araceae. A composição de famílias teve apenas 17% de semelhança com o inventário disponível para a várzea próxima a Manaus. As áreas também apresentaram alta dissimilaridade compartilhando apenas três gêneros, *Scleria*, *Montrichardia* e *Paspalum*. As áreas de igapó estudadas, da mesma forma que aquelas de várzea registradas na literatura são reguladas pelo pulso de inundação, entretanto, as águas ácidas e pobres em nutrientes típicas das áreas de igapó inventariadas podem explicar a baixa diversidade do igapó, bem como a baixa similaridade de espécies entre os dois ecossistemas. A presença de uma composição de herbáceas aquáticas diferenciada daquela de outros ecossistemas alagáveis amazônicos pode resultar de uma alta especialização a ambientes extremos.

Palavras-chave: Áreas úmidas, macrófitas aquáticas, inventário florístico, similaridade florística.

ABSTRACT

Aquatic herbaceous plants are structural components of Amazonian water bodies and their floodplains. They provide shelter and food for the aquatic biota, nutritionally enrich environments and their occurrence and abundance are related to physical and chemical characteristics of the different water bodies in the region, reflecting the geological basement of its catchment areas. In the present study we inventoried generic richness of aquatic herbaceous plants and its distribution in six different black water floodplains in Central Amazonia, and compared our results to those in Amazonian white-water floodplains available in the literature. Inventories were conducted between 2007 and 2013 in study areas located at the Negro, Jaú, Jufari, Acará, Agua Boa do Univini and Cuiuni rivers. 106 rectangular plots of 100 m x 1m were established at these six sites (10 to 29 plots per area). We inventoried 63 genera belonging to 25 families, with prevalence of Cyperaceae, Poaceae and Araceae. At the family level, with 17% floristic similarity to Amazonian white-water floodplains was comparatively low. With only three shared genera (*Scleria*, *Montrichardia* and *Paspalum*), between-area similarity was also low. As previously reported to várzea floodplains in the literature, the studied igapó areas are regulated by the flood-pulse, and that acidic and nutrient-poor waters may explain the low diversity in comparison to those of várzea, as well as the low floristic similarity between both ecosystems. The presence of a composition of aquatic herbaceous plants differentiated from that of other flooded Amazonian ecosystems can result from a high specialization of this vegetation to extreme environments.

Keywords: Wetlands, aquatic macrophytes, floristic inventory, floristic similarity.

1. INTRODUÇÃO

As áreas alagáveis ao longo dos grandes rios Amazônicos cobrem uma área de mais de 600.000 km², sendo cerca de 400.000 km² de várzea e 200.000 km² de igapó (Melack & Hess, 2010; Junk et al., 2011). Essas áreas alagáveis apresentam forte sazonalidade devido à flutuação cíclica no nível das águas dos rios, em média de 4 m a 10 m, resultando em inundações de vastas áreas ao longo de suas margens (Junk, 1989; Junk et al., 2011). A vegetação herbácea desses ambientes é influenciada pelas características nutricionais do ambiente, as quais estão estreitamente relacionadas com o tipo de água, preta, clara e branca; estas, por sua vez, possuem diferentes propriedades físicas e químicas de acordo com a geologia da área de drenagem (Piedade et al. 2010), como também da duração das fases aquática e terrestre (Junk e Piedade, 1997). As espécies de herbáceas aquáticas podem habitar desde as várzeas férteis de águas brancas, até os pobres e ácidos igapós de águas pretas e claras (Sioli, 1954).

Os rios de água branca nascem na região andina e pré-andina, e carregam sedimentos do Terciário e Quaternário e, portanto, são relativamente ricos em minerais dissolvidos (Furch e Junk, 1997). A intensa erosão e os processos de deposição produzem altas cargas de sedimentos em suspensão, resultando em uma planície alagada por águas de cor barrenta (várzea). As planícies alagáveis com pouco material em suspensão, com águas claras ou pretas (igapós) drenam formações Paleozóicas e Pré-Cambrianas dos escudos do Brasil e das Guianas (Furch e Junk, 1997). Os rios de água preta são oriundos de regiões de terra-firme com solo arenoso, produto final do intemperismo (Mounier et al., 1998), e são caracterizados por altos níveis de substâncias húmicas e fúlvicas dissolvidas, que são responsáveis pela sua cor de escura, um pH baixo (águas ácidas) e uma baixa concentração de partículas em suspensão. Os rios de águas claras são caracterizados por uma elevada produção de fitoplâncton, comparável àquela encontrada em alguns lagos de várzea (Richey et al, 1990; Junk, 1997). Ambas, as águas brancas e claras, apresentam mais espécies e populações maiores de herbáceas aquáticas do que as encontradas nas águas pretas (Piedade et al., 2010).

Vários estudos sobre a composição e diversidade florística nas áreas alagáveis amazônicas estão disponíveis, mas eles se concentram na vegetação arbórea (Wittmann et al., 2006a; Wittmann et al., 2006b; Montero et al., 2012; Marinho et al., 2013), enquanto que a vegetação herbácea desses ambientes, principalmente de igapós, ainda é praticamente desconhecida (Piedade et al., 2010). Levantamentos de herbáceas aquáticas nas várzeas das proximidades de Manaus foram realizados com um grande esforço amostral, sendo encontradas 388 espécies de herbáceas divididas em aquáticas, terrestres e semi-aquáticas (Junk e Piedade, 1993; 1994). Embora poucos levantamentos de herbáceas aquáticas tenham sido publicados para áreas de igapós de águas pretas e claras (ver: Junk, 1973; Junk e Piedade, 1997; Rocha e Lins, 2009), é assumido que a densidade deste grupo de plantas é extremamente baixa devido à baixa qualidade nutricional do substrato (Piedade et al., 2010), particularmente nos igapós de águas pretas. Por outro lado, as características desses ambientes podem ocasionar a presença de espécies de plantas especializadas em ambientes extremos (Wittmann et al., 2013), o que somente poderá ser comprovado por meio de estudos intensivos de levantamentos.

Diante disso, e para conhecer a composição de espécies de herbáceas aquáticas dos igapós, o objetivo deste estudo foi gerar e compilar informações sobre as famílias e gêneros de herbáceas aquáticas presentes em igapós de águas pretas distribuídos em seis diferentes localidades na Bacia Amazônica. Os resultados foram comparados às listas de famílias e gêneros disponíveis na literatura para os ecossistemas de várzea, bem como às propriedades físicas e químicas desses dois ecossistemas alagáveis, de forma a tentar compreender os fatores que regulam ou limitam a distribuição e composição de herbáceas aquáticas em diferentes tipologias alagáveis amazônicas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram inventariadas entre 10-29 parcelas retangulares de 100 m de comprimento x 1 m de largura com 500 m de distância entre si e dispostas nas margens dos rios Acará (Barcelos, AM), Água Boa do Univini (Caracará, RR), Negro (Barcelos, AM), Cuiuni (Barcelos, AM), Jaú e Jufari (Barcelos, AM), (Figura 1), totalizando 106 parcelas. As coletas foram realizadas entre 2007 e 2013. Os rios Acará, Cuiuni, Jaú e Jufari são afluentes do rio Negro e o rio Água Boa do Univini é afluente do rio Branco, que por sua vez é afluente do rio Negro (Figura 1). Foram coletadas plantas herbáceas aquáticas, semi-aquáticas e terrestres presentes nas planícies de inundação dos rios acima citados. Todas as espécies inventariadas foram fotografadas e cinco indivíduos foram herborizados para posterior identificação. As identificações foram feitas até o menor nível taxonômico possível por meio de chaves taxonômicas de famílias e gêneros do Neotropikey (kew.org/science/tropamerica/neotropikey.htm), e comparadas com as exsiccatas identificadas por especialista e depositadas nos Herbários do INPA e do Grupo MAUA (Manaus). A nomenclatura utilizada está de acordo com o APG III (2012) e foi conferida no Tropicos (tropicos.org). Quando das coletas de plantas foram feitas em campo medidas de pH, condutividade, temperatura e transparência (Secchi) da água nos pontos inventariados.

Como ao nível de espécie a similaridade florística foi muito baixa entre os ambientes inventariados, as análises de similaridade florística foram feitas em nível de gênero, excluindo-se os morfotipos. Para tal foi utilizada a técnica de ordenação indireta por meio de NMDS (Escalonamento Multidimensional Não paramétrico) com os dados de presença e ausência dos gêneros em cada um dos igapós. Como medida de distância foi utilizado o índice de Jaccard. O NMDS reduz a composição da comunidade em duas dimensões, não assume relações lineares entre variáveis, e não depende de um índice de associação específico, frequentemente resumindo mais informação em poucos vetores do que outros métodos de ordenação (Manly 2004). Para mensurar a qualidade do ajuste foi utilizada a medida *stress*, que indica a proporção da variação das distâncias originais em relação às distâncias preditas pelo MDS. Os dois eixos resultantes das ordenações dos gêneros foram utilizados como variáveis dependentes para realização de regressões múltiplas a fim de verificar, separadamente, o efeito das variáveis ambientais (condutividade, pH e Secchi) sobre a composição de herbáceas. As análises estatísticas foram feitas no Programa Systat 10.2. Foi realizada ainda a ordenação direta pelos gradientes ambientais com os dados de presença e ausência das famílias no programa Comunidata 1.6 (Dias, 2009).

O índice de Sørensen (1948) foi utilizado para comparar a diversidade beta de gêneros entre as áreas inventariadas $S(G) = 2a/(2a + b + c)$, onde a é o número de gêneros encontrados em ambos os locais, A e B , b é o número de gêneros no local B , mas não em A , c é o número de gêneros no local A , mas não em B . As análises foram realizadas no Pacote R 3.1.1.

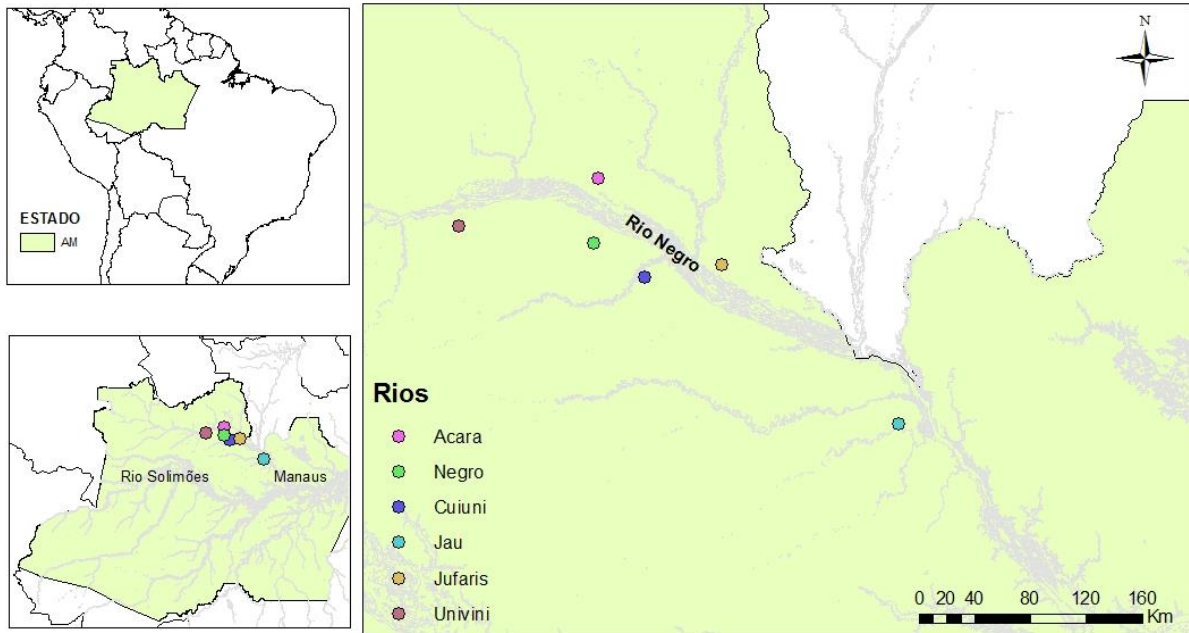


Figura 1 - Mapa da área de coleta com a disposição dos rios inventários com destaque o Estado do Amazonas, em verde (Mapa elaborado por Aline Lopes, 2014).

3. RESULTADOS

Todas as áreas inventariadas apresentaram características típicas de igapó, com baixos valores de pH e condutividade elétrica, e alta transparência da água (Tabela 1). A condutividade elétrica variou entre 7,17 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no rio Cuiuni e 12,30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no rio Água Boa do Univini. O pH variou entre 3,64 no rio Jaú e 4,68 no rio Água Boa do Univini. Já os valores de transparência variaram entre 0,90 m no Jaú e 1,75 m no Água Boa do Univini.

Tabela 1 Número de parcelas, riqueza de gêneros (SG) e dados físicos e químicos da água dos rios inventariados.

Local	Nº de parcelas	Riqueza (SG)	Secchi (m)	Temperatura (°C)	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH
AB Univini	10	11	1,75	26,70	12,30	4,68 ¹
Acará	18	22	1,22	29,00	16,60	3,77
Cuiuni	29	20	1,33	27,17	7,17	3,82
Jaú	16	7	0,90	27,10	8,60	3,64
Jufari	17	39	1,50	-	8,27	3,98 ²
Negro	16	26	1,00	30,90	11,3	4,28

¹Fabré *et al.* (2002); ²Belger e Forsberg (2006)

Nos igapós dos rios Acará, Água Boa do Univiní, Negro, Cuiuni, Jaú e Jufari foram inventariadas 25 famílias botânicas, compostas por 63 gêneros (Tabela 2). Apenas seis famílias apresentaram mais de um gênero (Tabela 2), e 12 famílias apresentaram mais de uma espécie (Tabela 2). As famílias que apresentaram o maior número de espécies foram as monocotiledôneas Cyperaceae, Poaceae e Araceae (Tabela 2). Além disso, essas três famílias foram às únicas compartilhadas entre as seis áreas inventariadas (Figura 2).

A maior riqueza de espécies foi encontrada no rio Jufari, rio de água preta, mas que recebe vários afluentes de água clara (Tabela 2). Os igapós de água preta dos rios Água Boa do Univiní e o Jaú apresentaram nove e 11 espécies, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 Riqueza de espécies e gêneros que ocorrem nos igapós dos rios Acará, Água Boa do Univiní, Negro, Cuiuni, Jaú e Jufari.

Família/gênero	Acará	A B Univiní	Negro	Cuiuni	Jaú	Jufari
Alismataceae						
<i>Sagittaria</i>	2					1
Araceae						
<i>Montrichardia</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Pistia</i>				1		
<i>Urospatha</i>				1		
Burmanniaceae						
<i>Apteria</i>						1
<i>Burmannia</i>						1
Cabombaceae						
<i>Cabomba</i>				1		1
Ceratophyllaceae						
<i>Ceratophyllum</i>	1			1		
Convolvulaceae						
Morfotipo 1				1		
Cyperaceae						
<i>Calyptracarya</i>	2		1	1		1
<i>Cyperus</i>		1	1	3		1
<i>Diplasia</i>	1		2			1
<i>Egléria</i>						1
<i>Eleocharis</i>	3		2	2		5
<i>Fimbristylis</i>	1	2	1	1		
<i>Kyllinga</i>						1
<i>Lagenocarpus</i>	1					1
Morfotipo 2			1			
Morfotipo 3						1
Morfotipo 4						1
Morfotipo 5						1

Tabela 2 (...)

Morfotipo 6						1
<i>Oxycaryum</i>	1					
<i>Rhynchospora</i>	4	1	3	2		5
<i>Scirpus</i>						1
<i>Scleria</i>	1	1	3	1	1	3
<i>Websteria</i>						1
Eriocaulaceae						
<i>Eriocaulon</i>						1
<i>Syngonanthus</i>			1		1	1
Gentianaceae						
<i>Coutoubea</i>	2	1	1			1
<i>Schultesia</i>	1					
<i>Voyria</i>						1
Hymenophyllaceae						
<i>Trichomanes</i>						1
Lentibulariaceae						
<i>Utricularia</i>			1	2	2	3
Marantaceae						
<i>Ischnosiphon</i>	1		1	1	1	1
Mayacaceae						
<i>Mayaca</i>						1
Nymphaeaceae						
<i>Nymphaea</i>				2		1
Orchidaceae						
<i>Palmorchis</i>			1			
Piperaceae						
<i>Piper</i>			1			
Poaceae						
<i>Acroscera</i>			1			
<i>Andropogon</i>				1		
<i>Digitaria</i>		1	1			
<i>Eragrostis</i>			1			
<i>Guadua</i>		1	1			1
<i>Hymenachne</i>				1	1	
<i>Isachne</i>	1		1	1		1

Tabela 2(...)

<i>Leptochloa</i>						1
Morfotipo 7	1					
<i>Olyra</i>	1	2	1			
<i>Oryza</i>					2	
<i>Panicum</i>			2			1
<i>Pariana</i>			1			
<i>Paspalum</i>	2	1	3	1		3
<i>Steinchisma</i>			1			
Morfotipo 8						1
Rapateaceae						
<i>Spathanthus</i>	1					1
Rubiaceae						
<i>Sipanea</i>		1	1			
Schizaeaceae						
<i>Actinostachys</i>						1
Scrophulariaceae						
<i>Micranthemum</i>						1
Thurniaceae						
<i>Thurnia</i>	1					
Typhaceae						
<i>Sparganium</i>	1					
Vitaceae						
<i>Cissus</i>					1	
Xyridaceae						
<i>Xyris</i>						1

Apenas 12 famílias ocorreram em mais de uma área e destas apenas três ocorreram em todas as áreas, Cyperaceae, Poaceae e Araceae. Dentre os gêneros amostrados apenas três ocorreram nas seis áreas inventariadas, *Montrichardia* (Araceae), *Scleria* (Cyperaceae) e *Paspalum* (Poaceae) (Tabela 2). A composição de espécies entre as áreas mostrou-se bastante dissimilar, e somente a espécie *Montrichardia arborescens* (L) Schott pertencente à família Araceae ocorreu em todos os igapós inventariados.

A análise de escalonamento multidimensional resultou em uma ordenação dos gêneros em duas dimensões, com *stress* de 6,35, porém não houve agrupamento dos rios. A composição de gêneros de herbáceas do rio Jaú ficou visualmente separada dos demais rios (Figura 2). Entretanto nenhuma das variáveis medida apresentou correlação significativa com os eixos do NMDS. De acordo com o índice de Sørensen a similaridade florística genérica foi maior entre os igapós dos rios Jaú e Acará (Tabela 3) e a menor similaridade foi encontrada entre rio Negro e Cuiuni e rio Negro e Água boa do Univiní (Tabela 3).

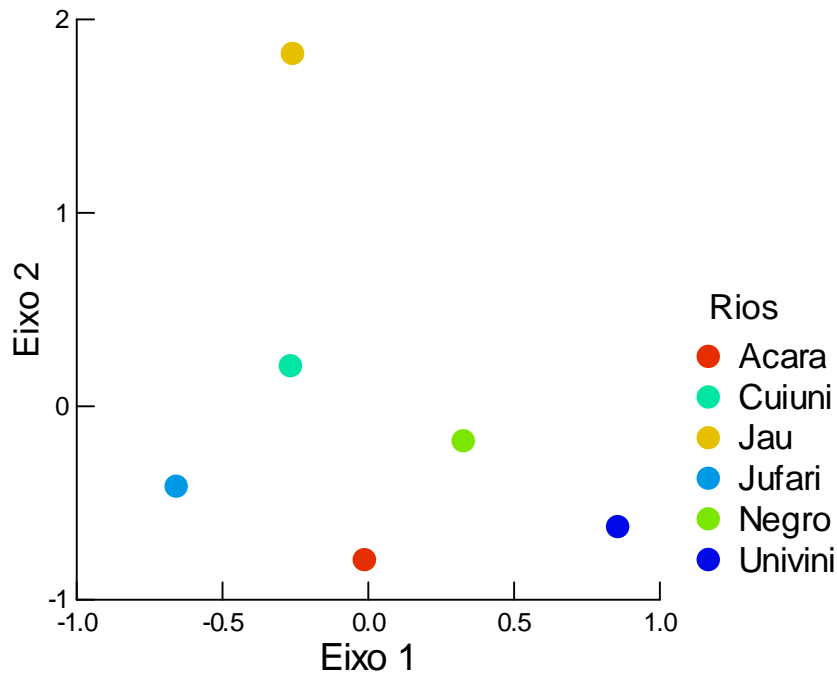


Figura 2 Ó Ordenação dos gêneros de herbáceas aquáticas dos igapós dos rios Acara, Água Boa do Univini, Negro, Cuiuni, Jau e Jufari, em dois eixos do NMDS.

A ordenação direta pelos gradientes ambientes revelou uma preferência das famílias pelo gradiente de condutividade e pH (Figura 3). As famílias Typhaceae e Thurniaceae só ocorreram no rio Acara, nos maiores valores de condutividade elétrica do gradiente, enquanto Vitaceae e Convolvulaceae só ocorreram no outro extremo do gradiente, no rio Cuiuni (Figura 3a). As famílias Rubiaceae, Orchidaceae, e Piperaceae ocorreram nos rios Negro e Água Boa do Univini, nos maiores valores de pH, enquanto Typhaceae e Thurniaceae ocorreram no outro extremo do gradiente de pH no rio Acara (Figura 3b).

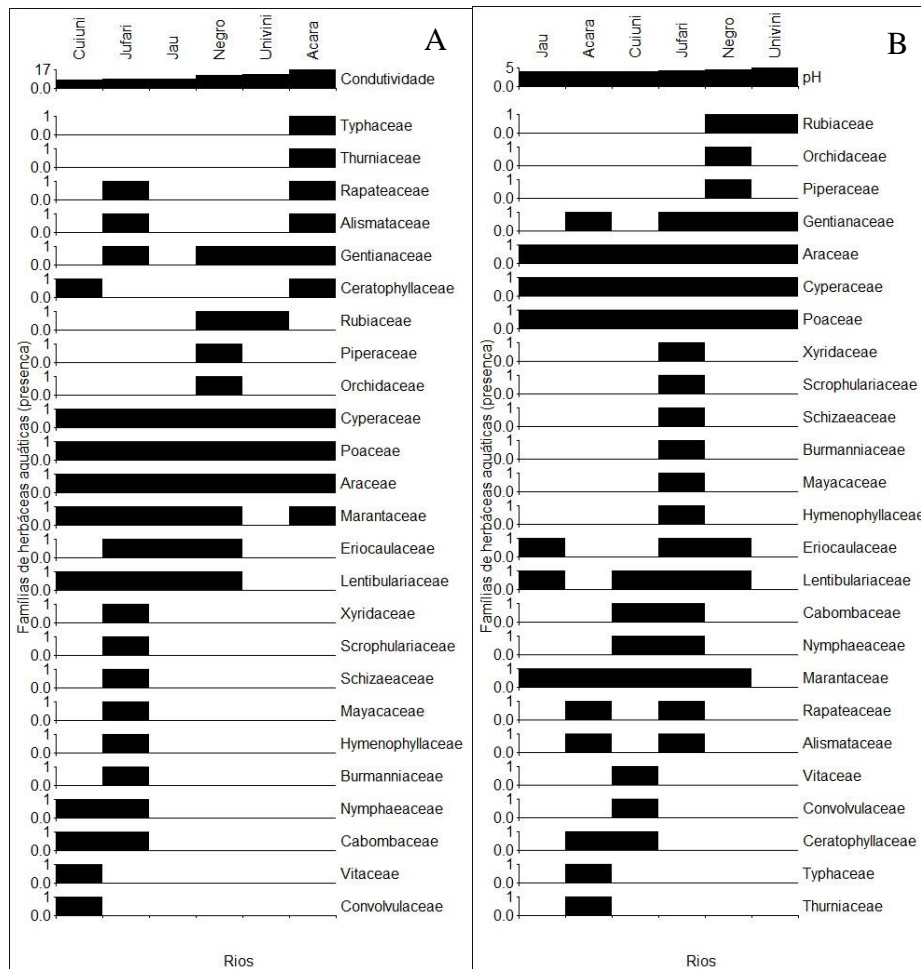


Figura 3 - Ordenação das famílias de herbáceas aquáticas pelos gradientes de a) pH e b) condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), dos rios Acará, Água Boa do Univini, Negro, Cuiuni, Jaú e Jufari.

Tabela 3 - Índices de diversidade beta (Sørensen) dos gêneros de herbáceas nos rios Acará, Água Boa do Univini, Negro, Cuiuni, Jaú e Jufari.

	Acará	AB Univini	Negro	Cuiuni	Jaú
AB Univini	0,64				
Negro	0,54	0,41			
Cuiuni	0,57	0,61	0,52		
Jaú	0,79	0,78	0,70	0,63	
Jufari	0,61	0,72	0,54	0,59	0,78

A comparação dos dados deste estudo em áreas de igapó com inventários realizados nas várzeas da cercania de Manaus (Junk e Piedade, 1993) mostra que as famílias Poaceae e Cyperaceae são também as que possuem o maior número de espécies (Tabela 4). Somente os igapós do Jaú e Água Boa do Univini apresentaram uma maior riqueza de espécies de Poaceae em relação às Cyperaceae. A composição de famílias nas áreas de igapó e várzea se mostrou bastante diferenciada, sendo que das 64 famílias que ocorrem na várzea próxima a Manaus (Junk e Piedade, 1993) apenas 11 foram encontradas nos igapós de águas pretas, ou seja, apenas cerca de 17% das famílias são compartilhadas entre os dois ecossistemas.

Tabela 4 6 Dez famílias mais representativas nos rios Acará, Água Boa do Univiní, Negro, Cuiuni, Jaú, Jufari e Solimões (% de espécies em relação ao total).

Famílias	Acará	AB Univiní	Negro	Cuiuni	Jaú	Jufari	Solimões ¹
Cyperaceae	46,7%	33,3%	40,0%	38,5%	11,1%	47,2%	9,5%
Poaceae	13,3%	41,7%	34,3%	15,9%	33,3%	15,1%	15,5%
Araceae	3,3%	8,3%	2,9%	11,5%	11,1%	1,9%	0,0%
Lentibulariaceae	0,0%	0,0%	0,0%	7,7%	22,2%	5,7%	0,8%
Gentianaceae	10,0%	8,3%	2,9%	0,0%	0,0%	3,8%	0,3%
Marantaceae	3,3%	0,0%	2,9%	3,8%	11,1%	1,9%	0,0%
Eriocaulaceae	3,3%	0,0%	2,9%	0,0%	11,1%	3,8%	2,0%
Nymphaeaceae	0,0%	0,0%	0,0%	7,7%	0,0%	1,9%	0,0%
Cabombaceae	0,0%	0,0%	0,0%	3,8%	0,0%	1,9%	0,0%
Rapateaceae	3,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,9%	2,6%

¹ Junk e Piedade (1993)

4. DISCUSSÃO

Quando comparada com a várzea da Amazônia Central (Junk e Piedade, 1993) a riqueza e diversidade de herbáceas em ambiente de igapó é bastante baixa, com 25 famílias botânicas e 63 gêneros, contrastando as 64 famílias e 182 gêneros em ambiente de várzea. Como o pulso de inundação está presente tanto nas áreas de várzea quanto naquelas de igapó amostradas, outros fatores estressantes como a baixa qualidade nutricional do solo e da água (Junk et al., 1989) devem contribuir para essas diferenças. As condições nutricionais fazem com que a composição e o número de famílias encontradas no igapó seja mais similar àquela de alguns ambientes extremos do país, como por exemplo o semiárido brasileiro, sendo que 36% das famílias do igapó ocorrem também naquele ambiente, onde foram citadas 22 famílias comuns (Henry-Silva et al., 2010), ou as lagoas de restinga no Estado de Santa Catarina onde ocorrem 33 famílias, sendo que 40% das famílias de igapó ocorrem nestas áreas (Alves et al., 2011). Por outro lado, em comparação com a várzea do rio Solimões, apenas 17% das famílias do igapó são comuns (Junk e Piedade, 1993) e a várzea do rio Paraná apenas 24% das famílias do igapó são similares. Além disso, similarmente ao que ocorre no igapó, no semiárido as famílias de herbáceas aquáticas mais representativas quanto ao número de espécies são Cyperaceae seguida de Poaceae. Já no Pantanal, as famílias com maior número de espécies são Poaceae (26), Scrophulariaceae (20) e Cyperaceae (19) (Pott, 2007).

Outros levantamentos realizados na Amazônia em lagos e rios de água clara mostram que as famílias Cyperaceae e Poaceae também são as que possuem o maior número de espécies. Neves (2007) ao estudar o lago do Trevo (Boa Vista, RR), relatou que a família Cyperaceae (19%) também foi a mais representativa, seguida de Eriocaulaceae (13%) e Melastomataceae (10%). Nos lagos do município de Normandia, RR, a família Cyperaceae também foi citada como o principal táxon (Simões Filho et al., 1997).

Ao nível de comparação neotropical, a família Cyperaceae, com 149 espécies de herbáceas aquáticas, só fica atrás de Podostomataceae, com 188 espécies (Chambers et al., 2008). A predominância de Cyperaceae nos inventários de herbáceas aquáticas é atribuída à distribuição cosmopolita e hábito herbáceo predominante nesta família, cujos representantes crescem, na sua maioria, em regiões alagadas ou sujeitas a inundações, podendo também ocorrer em ambientes nos períodos de redução da água (Bove et al., 2003). A elevada representatividade florística da família Cyperaceae pode estar associada ainda à eficiência na propagação vegetativa dos seus representantes devido à presença de um sistema subterrâneo que pode ser formado por rizomas ou tubérculos, sendo que algumas espécies dispõem ainda de estolões (Matias et al., 2003).

A baixa variação encontrada nos parâmetros físicos e químicos entre as águas dos diferentes ambientes de igapó estudados provavelmente influenciou a falta de estruturação da comunidade por estas variáveis. Entretanto, a ordenação das famílias pelo gradiente de condutividade mostrou uma clara preferência de várias famílias por determinados valores de condutividade elétrica, como, por exemplo, Thyphaceae e Thurniaceae ocorrendo nos maiores valores de condutividade, e Vitaceae e Convolvulaceae ocorrendo no outro extremo do gradiente. Como a condutividade está ligada diretamente à concentração de nutrientes como Na, K, Mg, Ca (Junk e Furch, 1980), refletindo então a concentração de nutrientes da água, essa preferência por parte do gradiente deve estar relacionada à necessidade nutricional das espécies que compõem essas famílias.

A separação do rio Jaú no NMDS pode estar refletindo as particularidades da geomorfologia daquele rio e sua bacia. O baixo Rio Jaú possui poucos lagos e meandros, segue um canal rochoso e encaixado, e assim tem poucos habitats de menor correnteza que favorecem a presença de várias espécies de plantas aquáticas (Junk e Piedade, 1997). Solo rochoso e elevada correnteza são fortes limitantes para o estabelecimento de muitas espécies de plantas aquáticas (Sculthorpe, 1985).

Diferentemente do postulado em estudos anteriores, que estimaram a riqueza de macrófitas aquáticas no igapós como sendo da ordem de menos que 10% daquela presente em áreas de várzea (Piedade e Junk, 2000; Piedade et al., 2010), o presente trabalho mostrou que esse número, embora modesto, é bastante superior ao suposto. A baixa similaridade de famílias entre áreas de várzea e igapós (17%) é um aspecto importante e deve merecer estudos detalhados em nível de espécie. Principalmente as condições de acidez desses ambientes podem estar favorecendo a ocorrência de determinados grupos de plantas em detrimento de outros.

AGRADECIMENTOS

Este estudo é parte do PELD MAUA (CNPq/FAPEAM) e contou com o financiamento do Pronex Tipologias Alagáveis Amazônicas (2007-2011), Edital universal CNPq 2007-2009; 2009-2011; 2011-2013, INCT ADAPTA (CNPq/FAPEAM), Agradecemos a Sammya Agra D'Angelo, Naara Ferreira da Silva, Pauline de Oliveira Pantoja, Aurélia Bentes Ferreira pelo auxílio na coleta e organização dos dados. Valdeney de Araujo Azevedo e Conceição Lucia Costa pela ajuda nas coletas de campo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, J.A.A., Tavares, A.S., Trevisan, R. 2011. Composição e distribuição de macrófitas aquáticas na lagoa da restinga do massambu, área de proteção ambiental entorno costeiro, SC. *Rodriguesia* 62 (4): 7856801.
- Bove, C.P., Gil, A.S.B., Moreira, C.B., Anjos, R.F.B. 2003. Hidrófitas fanerogâmicas de ecossistemas aquáticos temporários da planície costeira do estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 17:119-135.
- Chambers PA, Lacoul P, Murphy KJ (2008) Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia* 595:9626.
- Dias, R.L. 2009 *Softwear Comunidata* 1.6
- Furch K, Junk WJ. 1997. Physico-chemical conditions in floodplains lakes. In: Junk WJ, ed. *The Central Amazon floodplain: ecology of a pulsing system*. Ecological Studies 126. Berlin: Springer, 696108.
- Henry-Silva, G. G.; Moura, R. S. T. D.; Dantas, L. L. D. O. 2010. Richness and distribution of aquatic macrophytes in Brazilian semi-arid aquatic ecosystems. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 22(2):147- 156.
- Junk W J; Bayley, P. B., Sparks, R. E.. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. In D.Dodge (Ed.). *Proceedings of the International Large River Symposium*, Vol. 106, pp. 1106127. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science, Ottawa.



- Junk, W J., Piedade, M T F, Schöngart J, Cohn-Haft M, J. Adeney, M, Wittmann, F. 2011. A Classification of Major Naturally-Occurring Amazonian Lowland Wetlands. *Wetlands* 31 (4): 623-640.
- Junk, W,J, 1973, Investigations and production- biology of the floating meadows (*Paspalo-Echinochloetum*) on the middle Amazon, Parte II, The aquatic fauna in the root zone of floating vegetation, *Amazoniana*, 4 (1): 9-102.
- Junk, W,J, 1997, General aspects of floodplain ecology with special reference to Amazonian floodplains, *In: Junk, W,J, (Ed.), The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsating System, Ecological Studies*, 126: 3-22.
- Junk, W,J,; Piedade, M,T, 1997, Plant life in the floodplain with special reference to herbaceous plants, in: Junk, W,J, (Ed.) *The Central Amazon Floodplain*, Springer-Verlag, New York 126: 147-185.
- Junk, W.; Piedade, M. T. F. 1993. Herbaceous plants of the Amazon floodplain near Manaus: species diversity and adaptations to the flood pulse. *Amazoniana: liminologia et oecologia regionalis systemae fluminis Amazonas*, Manaus, 12(3/4):467-484.
- Junk, W.J., Furch, K. 1980. Water Chemistry and aquatic macrophytes of rivers and streams in Amazon river Basin and adjacent areas. Part I: Cuiabá ó Porto Velho - Manaus Path. *Acta Amazonica*, 10 (3): 611-633.
- Junk, WJ, Piedade, MTF. 1993. Herbaceous plants of the Amazon floodplain near Manaus: Species diversity and adaptations to the flood pulse, *Amazoniana*, 12(3/4): 467-484.
- Junk, WJ, Piedade, MTF. 1994. Species diversity and distribution of herbaceous plants in the floodplain of the middle Amazon, *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 25:1862-1865.
- Manly, B.J. 2004. *Multivariate statistical methods: a primer*. 3 ed. Chapman and Hall. New York. 214 pp.
- Marinho, T.A.S., Lopes, A., Assis, R.L., Ramos, S.L.F., Picanço, L.R.G., Wittmann, F., Schöngart, J. 2013. Distribuição e crescimento de *Garcinia brasiliensis* Mart. e *Hevea spruceana* (benth.) Müll.Arg. em uma floresta inundável em Manaus, Amazonas distribution. *Ciencia Florestal* 23 (1): 223-632.
- Matias, L, Q.; Amado, E, R.; Nunes, E, P, 2003. Macrófitas aquáticas da lagoa de Jijoca de Jericoacoara, Ceará, Brasil, *Acta Botanica Brasilica*, 17(4):623-631.
- Melack JM, Hess LL. 2010. Remote sensing of the distribution and extent of wetlands in the Amazon basin. In *Amazon Floodplain Forests: Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management*, Junk WJ, Piedade MTF, Wittmann F, Schöngart J, Parolin P (eds). *Ecological Studies* 210, Springer Verlag: Berlin/Heidelberg/New York; 436-59.
- Montero, J.C., Piedade, M.T.F., Wittmann, F. 2012 Floristic variation across 600 km of inundation forests (Igapó) along the Negro River, Central Amazonia. *Hydrobiologia* (The Hague. Print), 729(1): 229-246.
- Mounier S, Braucher R, Benaim JY. 1998. Differentiation of organic matter properties of the Rio Negro basin by cross flow ultra-filtration and UV-spectrofluorescence. *Water Research* 33(10): 2363-2373.
- Neves, M, A, Composição, riqueza e variação espaço temporal de macrófitas aquáticas do lago do trevo município de Boa Vista RR, Boa Vista, 2007, 128f, Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) Universidade Federal de Roraima.
- Piedade, M.T.F.; Junk, W.J.; D'Angelo, S.A.; Wittmann, F.; Schöngart, J.; Lopes, A., 2010, Aquatic herbaceous plants of the Amazon floodplains: state of the art and research needed, *Acta Limnologica Brasiliensia*, 2: 165-17.
- Piedade, M. T. F.; Junk, W. J. 2000. Natural herbaceous plant communities in the Amazon floodplains and their use. In: Junk, W. J.; Ohly, J.; Piedade, M.T.F.; Soares, M. G. M. (Eds.). *The Central Amazon Floodplain: Actual Use and Options for a Sustainable Management*. [S.l.]: Backhuys Publishers b.v. p. 269-290.
- Pott, V.J. 2007. Plantas aquáticas do pantanal e da alta bacia. *Congresso de Ecologia Do Brasil (CEB)*, 163.
- Richey, J.E., Hedges, J.I., Devol, A.H., Quay, P.D., Victoria, R., Martinelli, L., Forsberg, B.R., 1990. Biogeochemistry of carbon in the Amazon River. *Limnology and Oceanography* 35: 3526-371.
- Rocha, A.E.S., Lins ALFA. 2009. Checklist Das Poaceae de Áreas Inundáveis E Inundadas Do Nordeste Do Estado Do Pará. *SciELO Brasil* 39 (4): 763-672.
- Sculthorpe, C. D. 1985. *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. Koeltz Scientific Books, Königstein/West Germany. 610 pp.



Simões Filho, F Turcq B, Filho AC, Souza AG. 1997. Registros sedimentares de lagos e brejos dos campos de Roraima: implicações paleoambientais ao longo do Holoceno. In: BARBOSA RI, FERREIRA EJG AND EG CASTELLÓN (Eds), Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima. Manaus, INPA, p. 295-305.

Sioli, H. 1954. Beitrage zur regionalen Limnologie des Amazonasgebietes. Archiv fur Hydrobiologie 45: 267-283.

Sørensen, T. (1948) A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Det Kongelige Danske Videnskabers Selskab Biologiske Skrifter, 5, 1634.

Wittmann F, Householder E, Piedade MTF, Assis RL, Schöngart J, Parolin P, Junk WJ. 2013. Habitat specificity, endemism and the neotropical distribution of Amazonian white-water floodplain trees. *Ecography* 36: 690-707.

Wittmann, F., Schöngart, J., Parolin, P., Worbes, M., Piedade, M. T. F., & Junk, W. J. 2006a. Wood specific gravity of trees in Amazonian white-water forests in relation to flooding. *IWA Journal*, 27(3): 255-266.

Wittmann, Florian, Schöngart, J., Montero, JC, Motzer, T, Junk, W.J., Piedade, M.T. F., Queiroz, HL., Worbes, M. et al. 2006b. Tree species composition and diversity gradients in with-water forests across the Amazon Basin. *Journal of Biogeography*, 33(8):1334-1347.



PEDOLOGIA BRASILEIRA NA ANTÁRTICA: A PESQUISA DE SOLOS AFETADOS POR PERMAFROST NO CENÁRIO DO AQUECIMENTO GLOBAL

BRAZILIAN PEDOLOGY IN ANTARCTICA: THE PERMAFROST-AFFECTED SOILS RESEARCH IN THE GLOBAL WARMING SCENARIO

Thiago Torres Costa Pereira

Universidade do Estado de Minas Gerais-DCET. Av. Mário Palmério, 1001, Frutal-MG, CEP 38200-000
thiago.solos@gmail.com

Carlos Ernesto G. R. Schaefer

INCT-Criosfera. Universidade Federal de Viçosa-DPS. Av. P.H.Rolfs, s/n, Viçosa-MG, CEP 36570-000
carlos.schaefer@ufv.br

Rafael de Ávila Rodrigues

Universidade do Estado de Minas Gerais-DCET. Av. Mário Palmério, 1001, Frutal-MG, CEP 38200-000
rafael.avila.rodrigues@gmail.com

Leandro de Souza Pinheiro

Universidade do Estado de Minas Gerais-DCET. Av. Mário Palmério, 1001, Frutal-MG, CEP 38200-000
bandopinheiro@yahoo.com.br

RESUMO

A Antártica representa um ambiente peculiar para formação de solos e estudo de muitos de seus processos, sendo que alguns dos quais possuem características atípicas. Solos afetados por permafrost são encontrados nas regiões árticas e subárticas, em altas montanhas e nas regiões livres de gelo da Antártica, e abrangem cerca de 13 % da cobertura terrestre. Atualmente, é inegável a influência do permafrost sobre os recursos hídricos, propriedades do solo, e desenvolvimento de vegetação. Além destes, uma série de questões estão relacionadas às mudanças no balanço de carbono, em reflexo à degradação do permafrost pelo aumento de temperatura. As quatro maiores regiões da Criosfera no mundo são: Antártica, Oceano Ártico, as neves extrapolares e os ambientes montanhosos bastante frios. Mudanças na Criosfera em resposta ao aquecimento global são prováveis de serem observadas inicialmente em zonas de transição, em torno das extremidades de geleiras e camadas de gelo, e em áreas de permafrost, ambientes que em contrapartida, influenciam, mesmo que indiretamente, todas as superfícies da Terra. O debate sobre a possibilidade da ocorrência de aumento da temperatura global causado pelos gases do efeito estufa despertou atenção de pesquisadores sobre o estado de equilíbrio das grandes massas de gelo e permafrost presentes na Antártica. Outros fatores importantes envolvem as interações que influenciam diretamente as relações tróficas e rotas de transferência de matéria e energia entre o oceano e as áreas costeiras na Antártica. Nestes locais, existe grande aporte de materiais orgânicos depositados por aves, com destaque para os pinguins, sendo a incorporação destes materiais orgânicos à matriz mineral do solo a principal influência na caracterização dos solos ornitogênicos. Diante destes fatos, foram iniciados em 2002 os estudos pedológicos pelo então Projeto Criosolos, atual Núcleo Terrantar. Os trabalhos do Terrantar, que começaram na Baía do Almirantado - Ilha Rei George, foram se expandindo ao longo das Ilhas Shetlands do Sul e Península Antártica, sendo Hope Bay, no extremo norte da Península, o primeiro trabalho efetivamente realizado no continente antártico pelo referido Núcleo. Diversos trabalhos foram produzidos, com destaque para as características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e micromorfológicas dos solos, além de mapeamentos, em trabalhos típicos de pedologia e levantamentos de solos, apresentados nesta revisão.

Palavras-chave: Criosolos, Gelissolos, solos ornitogênicos.

ABSTRACT

Antarctica is a unique environment for soil formation. Permafrost-affected soils are found in Arctic and Subarctic regions, in high mountains and ice-free areas of Antarctica, and cover about 13 % of soilscape. Currently, there is an undeniable influence of permafrost on water resources, soil properties and vegetation growth, and changes in carbon balance. The four major regions of Cryosphere in the world are: Antarctica, Arctic Ocean, the extra-polar snows and very cold mountain environments. Changes in Cryosphere in response to global warming are likely to be observed initially in transition zones, around the ends of glaciers and ice sheets, and in areas of permafrost environments. Important factors in Antarctica involve interactions that directly influence the trophic relationships and routes transfer of matter and energy between the ocean and coastal areas. In these places, there is large amount of organic matter deposited by birds, especially penguins, and incorporation of organic materials to soil mineral matrix, that characterizes the ornithogenic process. Given these issues, were started in 2002 by Terrantar Group, studies about soils and terrestrial ecosystems. The work, that began in Admiralty Bay - King George Island, has been expanding along the South Shetland archipelago and Antarctic Peninsula. Hope Bay, on the northern tip of the Peninsula, is the first studies of soils in Antarctic continent. Along the years, many works were realized, with emphasis in morphology, physic, chemical, mineralogy and micromorphology of soils, and mappings, in a typical soil surveys, showed in this review.

Keywords: Cryosols, Gelisols, ornithogenic soils.

1. INTRODUÇÃO

A Antártica representa um ambiente peculiar para formação de solos e estudo de muitos de seus processos, alguns dos quais possuem características atípicas (Campbell e Claridge, 1987). A formação dos solos está intimamente relacionada à história glacial e evolução de superfícies, à geologia, e ao intemperismo, principalmente físicos. Incluem também nos processos pedogenéticos a extensão e significância de fatores biológicos, como a ornitogênese/fosfatização (Tatur e Myrcha, 1989; Tatur, 2002; Schaefer et al., 2004; Michel et al., 2006; Simas et al., 2007; Schaefer et al., 2008; Simas et al., 2008; Pereira et al., 2013), além de características como a solifluxão e crioturbação, envolvendo congelamento e descongelamento do perfil. Black (1973) considerou que estas mudanças termais na Antártica são mais frequentes do que em qualquer outra região do mundo.

Em razão de possuir os climas mais frios e secos do planeta, a Antártica apresenta pouca água no solo, restrita a curtos períodos no verão. A água é, portanto, pouco disponível para a formação do solo, sendo o clima, muito árido em algumas regiões, capaz de dificultar ou mesmo inibir a pedogênese, os processos geomórficos, e as reações químicas (Campbell e Claridge, 1987).

A parte menos fria do continente é a Península Antártica e ilhas adjacentes, onde se concentram os trabalhos de pesquisa do Núcleo Terrantar, vinculado ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Criosfera ó INCT. Em comparação ao arquipélago das Shetlands do Sul, Hope Bay, na Península Antártica, apresenta médias de temperatura mais baixas ao longo do ano, além de menor precipitação, o que possivelmente limita a atividade pedogenética e biológica em relação às ilhas.

A ocorrência de permafrost é contínua em toda a área de Hope Bay, com setores isolados, no centro e margens da área, ricos em gelo (SCAR, 2002; Martín-Serrano et al., 2005). O desenvolvimento da camada ativa e processos de *thermokarst* nestas áreas são determinados pelas condições climáticas no verão e pelo gelo superficial interconectado com água superficial e subsuperficial, sendo a evolução do permafrost nestes setores um sensível indicador de mudanças climáticas recentes e modificações do ambiente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Núcleo Terrantar: estudos pedológicos

Estudos pedológicos na Antártica realizados por brasileiros iniciaram em 2002 com o então Projeto Criossolos, atual Núcleo Terrantar, vinculado ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Criosfera ó INCT, sendo que todas as atividades científicas no continente, numa esfera maior, compõem a Rede de Pesquisa do PROANTAR (CNPq/MMA/Forças Armadas do Brasil).

Os trabalhos do Terrantar se iniciaram na Baía do Almirantado - Ilha Rei George, onde está localizada a Estação Antártica Comandante Ferraz, que teve 70 % de suas construções consumidas por um incêndio no ano de 2012.

Da Baía do Almirantado, as pesquisas de solos foram se expandindo ao longo das Ilhas Shetlands do Sul e Península Antártica, sendo Hope Bay, no extremo norte da Península, o primeiro trabalho efetivamente realizado no Continente Antártico pelo Núcleo (Figura 1).

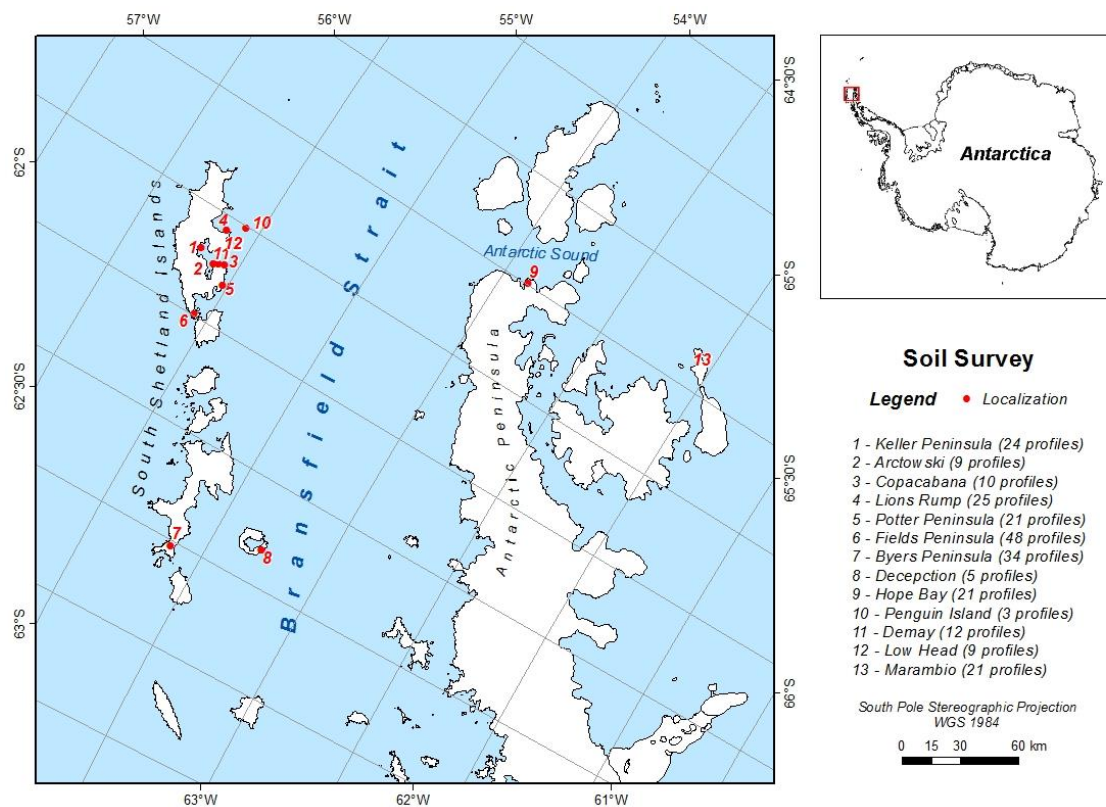


Figura 1 Localização das pesquisas de solos realizadas pelo Núcleo Terrantar na Antártica.

Mais recentemente foram realizados estudos de solos em Marambio (Ilha Seymour) e Montanhas Ellsworth, estas últimas localizadas no extremo sul da Península Antártica.

Diversos trabalhos foram produzidos envolvendo as características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e micromorfológicas dos solos, além de mapeamentos, em trabalhos típicos de pedologia e levantamentos de solos. Foram produzidos também estudos específicos sobre o processo de ornitogênese/fosfatização de solos, dinâmica do carbono, indicadores bioquímicos de metais pesados e contaminantes antrópicos, química das águas de degelo, estudos de comunidades vegetais e ecologia microbiana, zonamento ambiental, geomorfologia periglacial, e monitoramento do regime térmico da camada ativa e permafrost, numa complexa rede de sensores e registradores automáticos instalados em todas as áreas estudadas.

2.2. Solos afetados por permafrost

Solos afetados por permafrost são encontrados nas regiões árticas e subárticas, em altas montanhas e nas regiões livres de gelo da Antártica. Abrangem cerca de 13 % da cobertura terrestre (Bockheim et al., 1994), e passaram, nos últimos tempos, a despertar grande interesse por serem fontes de gás, óleo e outros combustíveis fósseis (Bockheim e Tarnocai, 1998), além de serem importantes estocadores de C e água doce.

A definição de permafrost inclui toda camada de solo, sedimento ou rocha que permanece $\geq 0^{\circ}\text{C}$ por no mínimo dois anos consecutivos (IUSS Working Group WRB, 2007), o que significa que a umidade para a formação de água ou gelo não necessita estar presente.

De acordo com Tarnocai (2004), solos afetados por permafrost possuem condições únicas, com propriedades físicas, químicas e biológicas diferentes daquelas encontradas em outros solos, o que estimula a compreensão sobre os processos de formação, classificação, relações ecológicas, uso e manejo, além da distribuição.

Atualmente, é inegável a influência do permafrost sobre os recursos hídricos, propriedades do solo, e desenvolvimento da vegetação em áreas periglaciais (Guglielmin et al., 2008). Além destes, uma série de questões estão relacionadas às mudanças no balanço de carbono, especialmente devido à liberação de CH_4 e CO_2 , em reflexo à degradação do permafrost pelo aumento de temperatura (Osterkamp, 2003; Michel et al., 2006; Slaymaker e Kelly, 2007). Um modelo de estimativa climática (Mearns e Hirst, 1999) sugere um aumento equivalente a 4 % do total das emissões de CO_2 no século XXI em virtude do descongelamento do permafrost. No entanto, o aumento da rede de produção primária pela maior exposição do solo e temperatura pode, em um efeito reverso, estimular o sequestro de carbono e reduzir ou mesmo balancear o carbono que foi emitido. Sem contar na possibilidade de maior precipitação dos carbonatos oceânicos, amplamente apontados nas discussões sobre aquecimento global.

Pesquisas de solos afetados por permafrost começaram na Rússia, em 1906. No entanto, nas áreas livres de gelo da Antártica, ainda são incomuns os estudos e mapeamentos de solos (Goryachkin, 2004), a inferir-se pela distribuição dos solos mundiais (World Soil Resources - FAO, 2003; Global Soil Regions - NRCS, 2005), que não contemplam o continente com nenhuma classe de solo atribuída às legendas. E dentre todas as regiões da Antártica, a Antártica Marítima ainda representa uma das áreas menos conhecidas em termos de estudos de solos e permafrost (Tatur, 1989; Bockheim e Ugolini, 1990; Schaefer et al., 2004; Michel et al., 2006; Simas et al., 2008).

Na década de 1980, a Associação Internacional do Permafrost (IPA) e a União Internacional de Ciência do Solo formaram o *Cryosol Working Group*, que iniciou os esforços para melhorar a classificação dos solos com permafrost. Desses esforços surgiram as classes dos *Gelisols* (Soil Survey Staff, 2010) e *Cryosols* (IUSS Working Group WRB, 2007).

Nos ambientes de permafrost, cada efeito (energia e equilíbrio de massa) é manifestado ao longo da camada ativa, que é a camada de solo sobrejacente ao permafrost (Tarnocai, 2004). Para a Antártica Marítima, temperaturas não tão baixas e maior disponibilidade de água resultam em um aprofundamento desta camada, favorecendo a cobertura vegetal e o intemperismo mineral (Campbell e Claridge, 1987; Blume et al., 2004; Guglielmin et al., 2008), refletindo em solos com maiores teores de partículas finas (silte + argila), comparativamente aos solos dos desertos polares (Pereira et al., 2013).

Na camada ativa, ciclos contínuos de congelamento e descongelamento favorecem a solifluxão e a formação de feições típicas, como solos com padrões (*patterned grounds*) (Bockheim e Tarnocai, 1998; Tarnocai et al., 2004). Além destas, horizontes quebrados ou irregulares, orientação vertical de rochas dentro do perfil, movimentação e incorporação de materiais orgânicos em subsuperfície, formação de revestimentos silto-argilosos e expulsão de materiais mais finos para a superfície (*frost heave*) são comumente observados (Pereira et al., 2013). Configuram-se desta forma os horizontes crioturbadados, definidos como aqueles que são irregulares ou quebrados, contendo materiais incorporados de outros horizontes, e mostrando ordenamentos verticais e horizontais (Aceess, 1987).

A crioturbação, que é dominante em regiões de permafrost e se refere a todo movimento de solo causado por ação do congelamento/descongelamento (Bryan, 1946; Tarnocai e Zoltai, 1978; Washburn, 1980; French, 1996), inclui grandes modificações na morfologia e micromorfologia dos solos, tais como a formação de estrutura granular ovoide dos Criossolos, atribuída ao congelamento/descongelamento diferencial e ultradissecção de partículas finas de solo durante processos de congelamento (Schaefer et al., 2004; van Vliet-Lanöe et al., 2004).

De modo geral, a crioturbação é favorecida, mas não restrita, a condições de drenagem imperfeita, material parental siltoso, ciclos frequentes de congelamento-descongelamento, e permafrost dentro de 1 m da superfície (Washburn, 1980; Vandenbergue, 1988). Dois modelos têm sido empregados para explicar o processo de crioturbação (Vandenbergue, 1988). O modelo ôcrioestáticoö envolve duas frentes de congelamento movendo em direções opostas, para baixo da superfície e para cima do *permafrost table*, causando pressão nos materiais descongelados presentes entre as frentes de congelamento. No modelo de ôequilíbrio de células convectivasö, um processo de ascensão-subsidência no topo da camada ativa produz uma rede com movimentos de material para cima e para baixo. Este processo de ascensão-subsidência se combina para produzir um tipo lento de célula de circulação cuja tendência é a ascensão (Mackay, 1980), sendo este processo um dos responsáveis pela configuração dos solos com padrões (polígonos, círculos, estrias, etc).

A crioturbação é usada em nível categórico alto nos modernos sistemas taxonômicos para diferentes solos que contenham permafrost. Sendo assim, é essencial que taxonomistas de solos sejam capazes de identificar feições de crioturbação para classificar solos afetados por permafrost (Bockheim e Tarnocai, 1998). De acordo com os autores, os processos criopedogênicos, incluindo a crioturbação, representam processos típicos e dominantes na formação de solos afetados por permafrost.

2.3. Antártica no cenário do aquecimento global

As quatro maiores regiões da Criosfera no mundo são: Antártica, Oceano Ártico, as neves extrapolares e os ambientes montanhosos muito frios (Slaymaker e Kelly, 2007). Mudanças na Criosfera em resposta ao aquecimento global são prováveis de serem observadas inicialmente em zonas de transição, em torno das extremidades de geleiras e camadas de gelo, e em áreas de permafrost, ambientes que em contrapartida, influenciam, mesmo que indiretamente, todas as superfícies da Terra (Tedrow, 2004; Slaymaker e Kelly, 2007).

Na Antártica, o manto de gelo que a recobre, com cerca de 14 milhões de km² e espessura que supera os 4000 m em alguns locais, correspondendo a um volume de aproximadamente 30 milhões de km³, notabiliza-se por conter aproximadamente 75 % da água doce do mundo (Campbell e Claridge, 1987; Slaymaker e Kelly, 2007). De acordo com Rocha-Campos e Santos (2001), a expressividade do gelo na Antártica faz deste continente o maior ôsorvedouroö de calor da Terra, influenciando profundamente as condições climáticas, a circulação das águas oceânicas e a atmosfera terrestre.

O debate sobre a possibilidade da ocorrência de aumento da temperatura global causado pelos gases do efeito estufa despertou atenção de pesquisadores sobre o estado de equilíbrio das grandes massas de gelo e permafrost presentes na Antártica.

Estimativas indicam que o derretimento do manto de gelo austral provocaria uma elevação de até 60 m no nível do mar, com consequências catastróficas sobre a vida das populações litorâneas (Rocha-Campos e Santos, 2001). A média global do nível do mar subiu entre 0,1 e 0,25 m nos últimos 100 anos (Houghton et al., 1996). Projeções otimistas de mudanças futuras até 2100 são de acréscimo de 1 m no nível dos oceanos (National Geographic, 2007).

No inverno antártico, a área de flutuação de gelo ao redor do continente (17-20 milhões de km²) é maior que o gelo do próprio continente. Neste caso, uma esperada redução desta cobertura de mar congelado, em resposta ao aquecimento global, possivelmente provocará uma maior absorção da radiação solar (Setzer et al., 2004). Na Península Antártica são esperadas mudanças pela maior exposição de rochas e solos, com alterações na ecologia, especialmente com a introdução de plantas exóticas e animais (Slaymaker e Kelly, 2007).

A neve, também responsável pela regulação da temperatura na Antártica, reflete aproximadamente 80 % da radiação do sol. Em comparação, solo exposto e vegetação absorvem aproximadamente oito vezes mais radiação do que uma cobertura de neve (Slaymaker e Kelly, 2007). Neste caso, quantidades de solo cobertos por neve são criticamente importantes para o balanço de radiação terrestre e também para os sistemas climáticos globais. Além disso, neve e gelo também funcionam como isolantes, pela baixa condutividade térmica, se comparada com superfícies de solo.

Estudos em crioclonas, partículas escuras de poeira glacial inicialmente identificadas pelo explorador sueco A. E. Nordenskjöld em 1870, foram apontados mais recentemente como de grande interesse para a comunidade científica, sobretudo relacionados com sua composição e impactos nos glaciares e coberturas de neve (Schwartzman e Tedesco, 2011). Podem surgir *in situ*, a partir de quebras de rochas na superfície do gelo ou liberação de detritos presos dentro de glaciares, a partir do derretimento, ou mesmo transportadas por sistemas de circulação atmosférica global.

A crioclonita se destaca em dois aspectos: primeiro por formar sistemas biológicos isolados, de grande interesse para estudos de desenvolvimento de ecossistemas; e segundo e mais importante para o presente trabalho, relacionado ao decréscimo no albedo, maior absorção de energia e derretimento de gelo e neve. Assim, quando agregados de crioclonita passam a formar buracos nos glaciares e coberturas de neve, pela redução drástica do albedo, um efeito é o aumento na ablação (Takeuchi, 2002). Fountain et al. (2004) apontam que buracos formados pela crioclonita no Glaciar Canadá (*McMurdo Dry Valleys* ó Antártica) contribuíram com 13 % do total do *runoff* do glaciar, apesar de cobrir apenas 4,5 % deste.

Schwartzman e Tedesco (2011), em trabalho comparativo com partículas de crioclonita coletadas na Antártica e Groenlândia, apontam para um maior tamanho e maior potencial deteriorativo das partículas na Antártica, que possuem baixa reflectância influenciada principalmente pela constituição mineralógica. Tal fato é compreensível uma vez que na Antártica partículas menores tem forte ligação com a litologia em virtude do forte efeito crioclástico na redução de seus tamanhos.

2.4. Criossolos (Gelissolos) Ornitológicos

A formação e duração de ecossistemas terrestres fortemente enriquecidos pelo aporte de dejetos animais têm sido relatada nos eventos geológicos. A disponibilidade restrita de áreas costeiras livres de gelo e a queda na reprodução durante a última glaciação reduziram o número de vertebrados marinhos nos solos antárticos, sendo que alguns autores consideram menor a redução das populações de pinguins, especialmente *Pygoscelis adeliae* e *Pygoscelis papua*, neste período devido à maior adaptação fisiológica destas espécies (Tatur e Myrcha, 1989; Tatur, 2002). O processo de deglaciação, com mudança na extensão dos bancos de gelo, seguida pela elevação glacio-isostática das terras durante o Holoceno, determinou o acesso dos vertebrados marinhos às terras durante os verões (Baroni e Orombelli, 1994).

Nos curtos períodos de verão, ocorrem nos ambientes terrestres, interações que influenciam diretamente as relações tróficas e rotas de transferência de matéria e energia entre o oceano e as áreas costeiras na Antártica (Rakusa-Suszczewski, 1993). Nestes locais, existe grande aporte de materiais orgânicos (guano, urina, penas, casca de ovos, restos animais/vegetais e conchas) depositados por aves e mamíferos, com destaque para os pinguins, sendo a incorporação destes materiais orgânicos à matriz mineral do solo a principal influência na caracterização dos solos ornitológicos (Tatur e Myrcha, 1989; Tatur e Myrcha, 1993), termo que tem sido amplamente utilizado na literatura (Tedrow e Ugolini, 1966; Allen e Heal, 1970; Ugolini, 1970; Ugolini, 1972; Tedrow, 1977; Campbell e Claridge, 1987; Bockheim e Ugolini, 1990; Blume et al. 1997; Schaefer et al., 2004; Pereira et al., 2013). De acordo com Rakusa-Suszczewski (1980), cada população de pinguim na Antártica (entre 30.000 e 50.000 casais) deposita em torno de 6,35 t de excreta no solo diariamente (comparativamente, todos os pássaros voadores depositam apenas 0,14 t), sendo que a intensidade de aporte nas pinguineiras chega a 10 kg m⁻² de excreta durante uma estação. Segundo Ugolini (1972), isto representa a mais abundante fonte de matéria orgânica nos ecossistemas terrestres antárticos.

Considerando somente a população de pinguins da Antártica Marítima, o depósito anual atinge aproximadamente 1,11 t de excreta no solo (Myrcha e Tatur, 1991). Porém, ao contrário das áreas secas do mundo, onde o guano depositado é acumulado, a maioria dos nutrientes carregados para as terras por pinguins rapidamente retornam ao mar como guano em suspensão parcialmente mineralizado. Desse montante, sob condições favoráveis, mais de 11 % do fósforo depositado pode permanecer no solo (Myrcha et al., 1991), indicando que nesta transferência, a concentração e aumento do *turnover* podem ser importantes para a produtividade, estrutura e distribuição dos ecossistemas costeiros pobres em nutrientes.

Nas áreas extremamente frias e áridas da Antártica, a deposição do guano aparentemente tem pouca influência na alteração dos minerais (Ugolini, 1972). No entanto, sob as condições climáticas úmidas da Antártica Marítima, a intensa crioturbação e percolação de água incorporam detritos de aves em profundidade no perfil. Lixiviados ricos em P nestes sistemas reagem com o substrato mineral em um complexo processo de fosfatização do solo, primeiramente descrito por Tatur e Barczuk (1985) e recentemente estudado por Schaefer et al. (2004), Michel et al. (2006), Simas et al. (2006), Simas et al. (2007) e Pereira et al. (2013). Assim, o fósforo, neste processo, ocorre em zonas de rochas fosfatizadas como Ca-fosfato e Fe-Al-fosfato, formados pela ação de soluções quimicamente reativas liberadas pelo intemperismo dos depósitos fosfáticos (incluindo o guano) sobre a rocha. Estas feições são muito observadas em superfícies rochosas mais susceptíveis à alteração, como basaltos e calcários, em detrimento de granitos e quartzitos (Tatur, 2002).

Nestes solos é observada a ocorrência de diversos minerais de argila fosfatados, incomuns em solos de outros ambientes naturais do planeta (Tatur e Myrcha, 1989; Tatur, 2002), apesar de terem sido encontrados também em ilhas oceânicas brasileiras a partir do aporte de materiais orgânicos depositados por aves (Oliveira et al., 2010).

Schaefer et al. (2008), por meio de microscopia eletrônica de varredura (WDS), observou feições de iluviação particulares do processo de fosfatização em ambiente criogênico, com intensa mobilidade de P e neoformação de minerais secundários fosfatados como taranakita, minyulita e leucofosfita. Uma estrutura granular, sub-arredondada composta por partículas de silte rodeadas por fosfato iluvial são típicas nos horizontes ornitogênicos (Simas et al., 2007). Em trabalho com extrações sequenciais de P em solos da Baía do Almirantado, estes autores observaram que fases moderadamente lábeis de Al-P e Fe-P são as principais frações dos sítios estudados. Estes fatos corroboram com Simas et al. (2006) que mostraram que a maior parte da fração argila em alguns solos ornitogênicos é composta por fosfatos de Fe e Al, com alta participação de formas pouco cristalinas e orgânicas.

Simas et al. (2006) observaram que fosfatos cristalinos ocorrem somente em solos diretamente afetados por pinguins (pinguineira ativa e abandonada). A dissolução incongruente de fosfatos cristalinos de Al-Fe com formação de fases amorfas ricas em P é considerada a mais comum transformação na medida em que aumenta a idade dos sítios abandonados (Tatur et al., 1997) e mantém elevados os níveis de formas de P-lábil. Em contrapartida, nos sítios sob influência indireta dos pinguins, a entrada de P é baixa e nenhum fosfato cristalino está presente. Assim, as características químicas destes sítios são controladas por P minerais altamente reativos e não cristalinos.

Solos ornitogênicos distinguem-se claramente daqueles não ornitogênicos por várias características, como baixo pH (devido ao alto grau de nitrificação) e saturação por bases; teores muito elevados de P (Mehlich-1), Al trocável, COT e N total. O conteúdo de partículas finas (silte + argila) são usualmente mais baixos, possivelmente devido à destruição de aluminossilicatos por acidólise, que ocorre nestes solos pela decomposição microbiana do guano fresco, gerando ácido nítrico e sulfúrico (Tatur et al., 1997). Apresentam clara diferenciação entre horizontes, sendo o horizonte A relativamente profundo e rico em matéria orgânica (formando um epipedon umbrico), e horizonte B fosfático (discretamente acinzentado e amarelado) (Simas et al., 2007).

Em alguns destes solos, observa-se o desenvolvimento de oásis com extensa e contínua cobertura vegetal, nos quais se verificam maior atividade microbiológica em termos de solos antárticos (Tatur et al., 1997; Michel et al., 2006).

Nas pinguineiras ativas, a contínua deposição do guano fresco e o pisoteio das aves inibe o estabelecimento da vegetação (Tatur, 1989; Tatur et al., 1997). Nos solos localizados próximos a estas pinguineiras ativas, ou naquelas abandonadas, a influência ornitogênica e o reflexo na cobertura vegetal são bastante pronunciados, com possível formação de um horizonte superficial humificado, distinguido por uma coloração escura e relações C/N e C/P mais altas do que em materiais ornitogênicos (Tatur et al., 1997). Nestas áreas a colonização inicia-se com a formação de uma cobertura de *Prasiola crista* (algae). Normalmente em posições mais altas da paisagem, antigas pinguineiras são hoje muito colonizadas por líquens, briófitas, e por duas espécies superiores: *Deschampsia antártica* (gramineae) e *Colobanthus quitensis* (cariofilaceae).

Em função de sua distribuição geográfica limitada, sítios ornitogênicos são extremamente importantes e constituem o mais importante locus de sequestro de C nos ecossistemas terrestres antárticos (Michel et al., 2006; Simas et al., 2007; Pereira et al., 2013), já que embora a produção de biomassa pela vegetação antártica seja relativamente baixa, ela frequentemente excede a capacidade de decomposição da microbiota local (Ugolini, 1972).

Pouco são os conhecimentos a respeito da dinâmica do C nos solos antárticos e qual seu papel no ciclo global do C, comparativamente a solos de outros ecossistemas (Michel et al., 2006). Segundo os autores, um entendimento do ciclo do C nos solos ornitogênicos da Antártica é importante para a compreensão dos efeitos do aquecimento global nos ambientes costeiros deste continente. Ácidos húmicos extraídos de Criosolos Ornitogênicos da Antártica Marítima são ricos em N e são facilmente termo-degradados, sugerindo que estes solos sejam vulneráveis à perda de C para a atmosfera em resposta ao aquecimento global (Michel et al., 2006).

Além dos pinguins, outras espécies também contribuem para o processo de ornitogênese, no entanto de fraca intensidade, como as skuas, petréis e gaivotões (Simas et al., 2007). Observa-se desenvolvimento de vegetação em áreas mais distantes da costa próximo a ninhas destas aves, indicando a importância da fertilização dos solos por estes animais, e reflexo no estabelecimento de comunidades vegetais mais complexas e com maior capacidade de fixação de C (Michel et al., 2006).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agriculture Canada Expert Committee on Soil Survey ó ACECSS. 1987. The Canadian System of Soil Classification. 2nd ed. Publ. 1646. Research Branch, Agriculture Canada, Ottawa. 164p.

Allen, S.E.; Heal, O.W. 1970. In: Holdgate, M.W. (Ed.). Soils of the Maritime Antarctic Zone. Antarctic Ecology, Academic Press, Inc, NY, v.2, p.693-696.

Baroni, C.; Orombelli, G. 1994. Abandoned penguin rookeries as Holocene paleoclimatic indicator in Antarctica. *Geology*, v.22, p.23-26.

Black, R.F. 1973. Cryomorphic processes and micro-relief features, Victoria Land, Antarctica. In: Fahey, B.D.; Thompson, R.D. (Eds.). *Research in Polar and Alpine Geomorphology*, GeoAbstracts, Norwich. p.11-24.

Blume, H.P.; Beyer, L.; Bölter, L.; Erlenheuser, H.; Kalk, E.; Kneesch, S.; Pfisterer, U.; Schneider, D. 1997. Pedogenic zonation in soils of Southern circumpolar region. *Adv. GeoEcol*, v.30, p.69-90.

Blume, H.P.; Chen, J.; Kalk, E.; Kuhn, D. 2004. Mineralogy and weathering of Antarctic Cryosols. In: Kimble, J.M. (Ed.). *Cryosols: Permafrost-Affected Soils*, Springer-Verlag, Berlin. p.415-426.

Bockheim, J.C.; Ping, C.L.; Moore, J.P.; Kimble, J.M. 1994. Gelisols: A new proposed order for permafrost-affected soils. In: Kimble, J.M.; Ahrens, R. (Eds.). *Proc. Meeting on Classification, Correlation, and Management of Permafrost-Affected Soils*. Alaska (USA). USDA, Soil Conservation Service, Washington, D.C. p.25-45.

- Bockheim, J.G.; Tarnocai, C. 1998. Recognition of cryoturbation for classifying permafrost-affected soils. *Geoderma*, v.81, p.281-293.
- Bockheim, J.G.; Ugolini, F.C. 1990. A review of pedogenic zonation in well-drained soils of the southern circumpolar region. *Quaternary Research*, v.34, p.47-66.
- Bryan, K. 1946. Cryopedology: the study of frozen ground and intensive frost action with suggestion on nomenclature. *Am. J. Soil Sci.*, v.244, p.622-642.
- Campbell, I.B.; Claridge, G.G.C. 1987. *Antarctica: Soils, Weathering Processes and Environment*, Elsevier-Amsterdam.
- Food and Agriculture Organizations of the United Nations ó FAO. 2003. *World Soil Resources: revised legend with corrections*. ISIRIC, Wageningen.
- Fountain, A.G.; Tranter, M.; Nysten, T.H.; Lewis, K.J.; Mueller, D.R. 2004. Evolution of cryoconite holes and their contribution to meltwater runoff from glaciers in the McMurdo Dry Valleys, Antarctica. *J. Glaciol.*, v.50, p.35-45.
- French, H.M. 1996. *The Periglacial Environment*. Longman, New York, 341 p.
- Goryachkin, S.V. 2004. The history of research of polar soil: Introduction. In: Kimble, J.M. (Ed.). *Cryosols: Permafrost-Affected Soils*. Berlin: Springer-Verlag, 2004, p. 3-5.
- Guglielmin, M.; Evans, C.J.E.; Cannone, N. 2008. Active layer thermal regime under different vegetation conditions in permafrost areas. A case study at Signy Island (Maritime Antarctica), *Geoderma*, v.144, p.73-85.
- Houghton, J.T.; Meira Filho, L.G.; Callander, B.A.; Harris, N.; Kattenberg, A.; Maskell, K. (Eds.). 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- IUSS Working Group WRB. 2007. *World Reference Base for Soil Resources 2006, First Update 2007*. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.
- Mackay, J.R. 1980. The origin of hummocks. Western Arctic Coast, Canada. *Can. J. Earth Sci.*, v.13, p.889-897.
- Martín-Serrano, A.; Montes, M.; Nozal, F.; del Valle, R.A. 2005. Geomorfología de la costa austral de Bahía Esperanza (Península Antártica). *Geogaceta*, v.38, p.95-98.
- Matear, R.J.; Hirst, A.C. 1999. Climate change feed-back on the oceanic CO₂ uptake. *Tellus 51B*, p.722-733.
- Michel, R.F.M.; Schaefer, C.E.G.R.; Dias, L.; Simas, F.N.B.; Benites, V.; Mendonça, E.S. 2006. Ornithogenic Gelisols (Cryosols) from Maritime Antarctica: pedogenesis, vegetation and carbon studies. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.70, p.1370-1376.
- Myrcha A.; Ochyra, R.; Tatur, A. 1991. Site of Special Scientific Interest no.8, Western shore of Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands. In: Klekowski, K.S.; Opaliński, K.W. (Eds.). *First PolishóSoviet Antarctic Symp. Arctowski 85*. Institute of Ecology Publ. Office, Warsaw, p.157-168.
- Myrcha A.; Tatur, A. 1991. Ecological role of current and abandoned penguin rookeries in the land environment of the Maritime Antarctic. *Polish Polar Research*, v.12, p.3-24.
- National Geographic Brasil. 2007. *Permafrost: paisagem de terra e gelo*. Ed. Abril, n.93, p.116-131.
- National Resources Conservation Service ó NRCS. 2005. *Soil Survey Division. Global Soil Regions*.
- Oliveira, F.S., Abrahão, W.A.P., Schaefer, C.E.G.R., Simas, F.N.B. 2010. Implicações geomorfológicas e paleogeográficas das crostas fosfáticas do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atlântico Norte. *R. Esc. Minas*, v.63, p.239-246.
- Osterkamp, T.E. 2003. Establishing long-term permafrost observatories for active-layer and permafrost investigations in Alaska: 1977-2002. *Permafrost and Periglacial Processes*, v.14, p.331-342.
- Pereira TTC, Schaefer CEGR, Ker JC, Almeida CC, Almeida ICC, Pereira, AB. 2013. Genesis, mineralogy and ecological significance of ornithogenic soils from a semi-desert polar landscape at Hope Bay, Antarctic Peninsula. *Geoderma*, v.209ó210,

p.986109.

Rakusa-Suszczewski, S. 1993. The Maritime Antarctic coastal ecosystem of Admiralty Bay. Department of Antarctic Biology. Polish Academy of Sciences, Warsaw.

Rakusa-Suszczewski, S. 1980. The role of near-shore research in gaining and understanding of the functioning of Antarctic ecosystem. *Pol Arch Hydrobiol*, v.27, p.229-233.

Rocha-Campos, A.C.; Santos, P.R. 2001. Ação geológica do gelo. In: Teixeira, W. et al. (Eds.). *Decifrando a Terra*. Oficina de Textos, São Paulo, 568p.

Scientific Committee on Antarctic Research ó SCAR. 2002. Management Plan for Antarctic Specially Protected Area No. 148. Mount Flora, Hope Bay, Antarctic Peninsula. CEP draft.

Schaefer, C.E.G.R.; Simas, F.N.B.; Albuquerque-Filho, M.R.; Michel, R.F.M.; Viana, J.H.M.; Tatur, A. 2004. Fosfatização: Processo de formação de solos na Baía do Almirantado e implicações ambientais. In: Schaefer, C.E.G.R.; Francelino, M.R.; Simas, F.N.B.; Albuquerque-Filho, M.R. (Eds.). *Ecosistemas Costeiros e Monitoramento Ambiental da Antártica Marítima, Baía do Almirantado, Ilha Rei George*. NEPUT ó Dep. de Solos, Viçosa, p.47-59.

Schaefer, C.E.G.R.; Simas, F.N.B.; Gilkes, R.J.; Mathison, C.; Costa, L.M.; Albuquerque, M.A. 2008. Micromorphology and microchemistry of selected Cryosols from Maritime Antarctica. *Geoderma*, v.144, p.1046115.

Schwartzman, T.; Tedesco, M. 2011. Comparative analysis of Greenland and Antarctic cryoconite. *J. Student Research*, v.4, p.19-24.

Setzer, A.W.; Oliveira, M.R.; Francelino, M.R.; Schaefer, C.E.G.R.; Costa, L.M.; Bremer, U.F. 2004. Regime climático na Baía do Almirantado: Relações com o ecossistema terrestre. In: Schaefer, C.E.G.R.; Francelino, M.R.; Simas, F.N.B.; Albuquerque-Filho, M.R. (Eds.). *Ecosistemas Costeiros e Monitoramento Ambiental da Antártica Marítima, Baía do Almirantado, Ilha Rei George*. NEPUT ó Dep. de Solos, Viçosa, p.1-7.

Simas, F.N.B.; Schaefer, C.E.G.R.; Albuquerque-Filho, M.R.; Francelino, M.R.; Fernandes Filho, E.I.; Costa, L.M. 2008. Genesis, properties and classification of Cryosols from Admiralty Bay, Maritime Antarctica. *Geoderma*, v.144, p.1166122.

Simas, F.N.B.; Schaefer, C.E.G.R.; Melo, V.F.; Albuquerque-Filho, M.R.; Michel, R.F.M.; Pereira, V.V.; Gomes, M.R.M.; Costa, L.M. 2007. Ornithogenic Cryosols from Maritime Antarctica: phosphatization as a soil forming process. *Geoderma*, v.138, p.191-203.

Simas, F.N.B.; Schaefer, C.E.G.R.; Melo, V.F.; Guerra, M.B.B.; Saunders, M.; Gilkes, R.J. 2006. Clay-sized minerals in permafrost-affected soils (Cryosols) from King George Island, Antarctica. *Clays and Clay Minerals*, v.54, p.721-736.

Slaymaker, O.; Kelly, R.E.J. 2007. *The cryosphere and global environmental change*. Blackwell Publishing, 261p.

Soil Survey Staff. 2010. *Keys to Soil Taxonomy*, 11th ed. USDA-NRCS, Washington, D.C.

Takeuchi, N. 2002. Optical characteristics of cryoconite (surface dust) on glaciers: the relationship between light absorbency and the property of organic matter contained in the cryoconite. *Ann. Glaciol.*, 34.

Tarnocai, C. 2004. Cryosols of Arctic Canada. In: Kimble, J.M. (Ed.). *Cryosols: Permafrost-Affected Soils*. Springer-Verlag, Berlin, p.956119.

Tarnocai, C.; Broll, G.; Blume, H.P. 2004. Classification of permafrost-affected soils in the WRB. In: Kimble, J.M. (Ed.). *Cryosols: Permafrost-Affected Soils*. Springer-Verlag, Berlin, p.6376657.

Tarnocai, C.; Zoltai, S.C. 1978. Earth hummocks of the Canadian arctic and subarctic. *Arct. Alp. Res.*, v.10, p.343-352.

Tatur, A. 2002. Ornithogenic Ecosystems in the Maritime Antarctic ó Formation, Development and Disintegration. In: Beyer, L.; Bölter, M. (Eds.). *Geoecology of Antarctic Ice-Free Coastal Landscape*. Ecological Studies. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, v.154, p.161-184.

Tatur, A. 1989. Ornithogenic soils of the Maritime Antarctic. *Polish Polar Research*, v.4, p.481-532.



- Tatur, A.; Barczuk, A. 1985. Ornithogenic phosphates on King George Island, Maritime Antarctic. In: Siegfried, W.R.; Condy, P.R.; Laws, R.M. (Eds.). *Antarctic Nutrient Cycles and Food Webs*. Springer-Verlag, Berlin, p.163-169.
- Tatur, A.; Myrcha, A. 1989. Soils and vegetation in abandoned penguin rookeries. *Proc. NIPR Symp. Polar Biol.*, v.2, p.181-189.
- Tatur, A.; Myrcha, A. 1993. Ornithogenic soils. In: Rakusa-Suszczewski, S. (Ed.). *The Antarctic Coastal Ecosystem of Admiralty Bay*. Polish Academy of Sciences, Warsaw, p.161-165.
- Tatur, A.; Myrcha, A.; Niegodzisz, J. 1997. Formation of abandoned penguin rookery ecosystems in the Maritime Antarctic. *Polar Biology*, v.17, p.405-417.
- Tedrow, J.C.F. 2004. Soil research in Arctic Alaska, Greenland, and Antarctica. In: Kimble, J.M. (Ed.). *Cryosols: Permafrost-Affected Soils*. Springer-Verlag, Berlin, p.5617.
- Tedrow, J.C.F. 1977. *Soils of the Polar Landscapes*. Rutgers University Press, New Brunswick, 638p.
- Tedrow, J.C.F.; Ugolini, C. 1966. Antarctic soils. In: Tedrow, J.C.F. (Ed.). *Antarctic soils and soil forming process*. Am. Geophys. Union Antarct. Res., p.161-177.
- Ugolini, F.C. 1970. Antarctic soils and their ecology. In: Holdgate, M.W. (Ed.). *Antarctic Ecology*, Academic Press, London, v.2, p.673-692.
- Ugolini, F.C. 1972. Ornithogenic soils of Antarctica. In: Llano, G.A. (Ed.). *Antarctic Terrestrial Biology*. Am. Geophys. Union Antarct. Res., p.181-193.
- van Vliet-Lanöe, B.; Fox, C.A.; Gubin, S.V. 2004. Micromorphology of Cryosols. In: Kimble, J.M. (Ed.). *Cryosols: Permafrost-Affected Soils*. Springer-Verlag, Berlin, p.3656391.
- Vandenberghe, J. Cryoturbations. 1988. In: Clark, M.J. (Ed.). *Advances in Periglacial Geomorphology*. J. Wiley, New York, p.179-198.
- Washburn, A.L. *Geocryology*. J. Wiley, New York, 1980.



DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE NA ÁREA DO PROJETO DE ASSENTAMENTO DIRIGIDO EM SANTA LUZIA, CRUZEIRO DO SUL, AC, BRASIL

DETERMINING THE SURFACE TEMPERATURE IN SANTA LUZIA SETTLEMENT PROJECT AREA, CRUZEIRO DO SUL, ACRE, BRAZIL

Ian Willian Rodrigues da Silva

Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Acre, Campus Floresta, Cruzeiro do Sul/AC
eng_ianrodrigues@hotmail.com

Rafael Coll Delgado

Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais, Seropédica/RJ
rafaelcolldelgado32@gmail.com

Leonardo Paula de Souza

Professor Mestre da Universidade Federal do Acre - Campus Floresta, Departamento de Agronomia, Cruzeiro do Sul/AC
leonardo.acre@gmail.com

Givanildo de Gois

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais, Seropédica/RJ
givanildogois@gmail.com

José Francisco de Oliveira Júnior

Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais, Seropédica/RJ
joliveirajunior@gmail.com

Rafael de Ávila Rodrigues

Professor Doutor da Universidade do Estado de Minas Gerais ó Campus de Frutal, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Frutal/MG
rafael.avila.rodrigues@gmail.com

RESUMO

Este trabalho avaliou o comportamento da floresta e demais classes espectrais do Projeto de Assentamento Dirigido Santa Luzia, utilizando os recursos do Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. O período avaliado estende-se entre o ano de 2005 a 2010, e procurou avaliar o comportamento da evolução espacial de áreas como a floresta, pastagens e áreas utilizadas para agricultura, assim como demais benfeitorias realizadas no perímetro do assentamento. Neste sentido, os objetivos gerais deste trabalho foram: caracterizar a contração ou a expansão de classes de floresta, pastagens, regeneração da floresta e áreas alagadas, no PAD Santa Luzia, AC. Os resultados encontrados mostraram um significativo aumento do índice de regeneração da floresta e conversão de áreas de pastagens e cultivos em capoeira, considerando que esta tipologia florestal é essencial para o processo de transição de áreas desflorestadas em sua reestruturação à condição de floresta novamente. São ainda apresentados dados que demonstraram a elevação dos valores referentes a corpos d'água, embora as imagens tenham sido adquiridas em períodos de estiagem (período seco amazônico) na região. Os dados obtidos pelo algoritmo de *Mahalanobis*, evidenciaram um significativo aumento destes recursos na superfície estudada. Os dados apresentaram o comportamento de leve decréscimo para a floresta durante o período avaliado.

Palavras-chave: Desflorestamento, Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

This study analyses the dynamics of the forest and other spectral classes in the settlement project of Santa Luzia, by using the resources of GIS and Remote Sensing. The period of study extended between 2005 and 2010, and sought to assess the dynamics of the spatial evolution of areas such as forest, pastures and areas used for agriculture, as well as improvements carried out around the perimeter of the settlement. In this sense, the aim of this study is to characterize the reduction or expansion of classes of forest, grassland, forest regeneration and wetlands in the settlement project of Santa Luzia, AC. The results showed a significant increase in the rate of forest regeneration, as well as the conversion of pastures and crop fields into wooded areas, being this type of vegetation essential in the process of regenerating deforested areas. We have also produced data showing increase in figures for water bodies, although the images were gathered during the drought periods (Amazon dry season) in the region. The data obtained by the Mahalanobis algorithm shows a significant increase of these features on the surface studied, with a slight decrease of forest during the study period.

Keywords: Deforestation, GIS, Remote Sensing.

1. INTRODUÇÃO

O levantamento de informações sobre o assentamento é essencial, no sentido de manter o controle dos recursos naturais e assim planejar as atividades, a fim de assegurar a manutenção dos recursos e demais sistemas presentes em sua extensão. Sendo que os assentamentos têm como finalidade acolher famílias, povoamento da Amazônia e subsidiar que essas famílias possam desenvolver atividades de subsistência. Nesse sentido, faz-se necessário o levantamento de dados que possam ajudar a manter os recursos existentes no assentamento, como a cobertura vegetal nativa, principalmente em áreas pré - determinadas pela legislação.

O Projeto de Assentamento Dirigido (PAD) de Santa Luzia foi implementado pela resolução 242 de 30 de agosto de 1982, do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), onde o objetivo era principalmente o povoamento da Amazônia. Este povoamento forçado levou a uma intensa taxa de desmatamento para que os assentados pudessem exercer suas práticas de cultivo e criação de animais, considerando que a exploração do ciclo da borracha havia entrado em declínio.

Segundo Kuplich et al. (2005), a ocupação territorial no Acre ocorreu de maneira mais intensa a partir da década de 1960, quando, seguindo políticas governamentais, grupos empresariais do sul do Brasil compraram terras, incluindo seringais, e formaram grandes latifúndios destinados à atividade agropecuária.

A conversão de florestas em áreas para qualquer outra finalidade pode representar grandes problemas ambientais, quando executados de forma desordenada e sem rigoroso controle das atividades e das áreas a serem desflorestadas, principalmente, no que diz respeito à execução de atividades que não obedeçam às normas ambientais ou ainda tentam burlá-las. Vários autores no Acre utilizando geotecnologias nos últimos anos monitoraram e quantificaram as condições e distribuições espaciais da vegetação, através de índices de vegetação, classificações espectrais e dados da temperatura da superfície (Freitas et al., 2012; Delgado et al., 2012).

A temperatura da superfície terrestre continental pode ser considerada um dos fatores mais importantes do clima, o qual tem grande importância para diversas atividades humanas (Ledo et al., 2011). É também um indicador do estado hídrico das plantas, trazendo grande utilidade para sua estimativa em trabalhos de monitoramento da demanda hídrica das culturas (Silva e Santos, 2007).

Assim seu conhecimento pode proporcionar melhorias no planejamento dos recursos urbanos e naturais de uma região, em especial na atividade agrícola (Galvinctio et al., 2009).

Para estimar a temperatura da superfície em escala regional ou global torna-se necessário o uso do Sensoriamento Remoto (SR) (Dash et al., 2002), onde a temperatura da superfície é um dos principais dados que podem ser estimados a partir das imagens da banda do termal (Silva e Santos, 2007). Jensen (2009) explica que isso é possível porque o calor interno de um objeto é convertido em energia radiante, e para a maioria dos objetos existe alta correlação positiva entre a temperatura cinética verdadeira do objeto e o fluxo radiante radiado pelo objeto. A emissão desse fluxo em comprimento de onda longa ($3 \mu\text{m}$ ó $14 \mu\text{m}$) pode ser registrada usando detectores de infravermelho (Sousa e Ferreira Júnior, 2012). No satélite Landsat 5 TM essa detecção é feita pela banda 6 que abrange os comprimentos de onda entre $10,4 \mu\text{m}$ ó $12,5 \mu\text{m}$, e possui resolução de $120 \text{ m} \times 120 \text{ m}$ (Ledo et al., 2011).

Diante do exposto, o objetivo geral deste estudo foi estimar a temperatura da superfície continental através de imagens do satélite Landsat 5 TM na área do Projeto de Assentamento Dirigido (PAD) Santa Luzia, em Cruzeiro do Sul, AC.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A área de estudo denominada de Projeto de Assentamento Dirigido (PAD) Santa Luzia, está localizada na Zona UTM 18S, entre os paralelos $7^\circ 38' \text{S}$ e $7^\circ 46' \text{S}$ e os meridianos $72^\circ 30' \text{W}$ e $72^\circ 16' \text{W}$, as margens da BR-364, a 63 km, situado na zona rural do município de Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. Possui uma área total de 62.267 hectares (Figura 1). A vegetação da área de estudo é classificada de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) assim como toda extensão do Estado do Acre, com exceções das áreas que já tiveram sua floresta convertida em pastagens ou áreas de cultivos. Segundo IBGE (1992), a vegetação do Acre divide-se entre a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Ombrófila Aberta, geralmente mescladas com a presença de Palmeiras e, principalmente, do Bambu, que aparece em aproximadamente 30% do território.

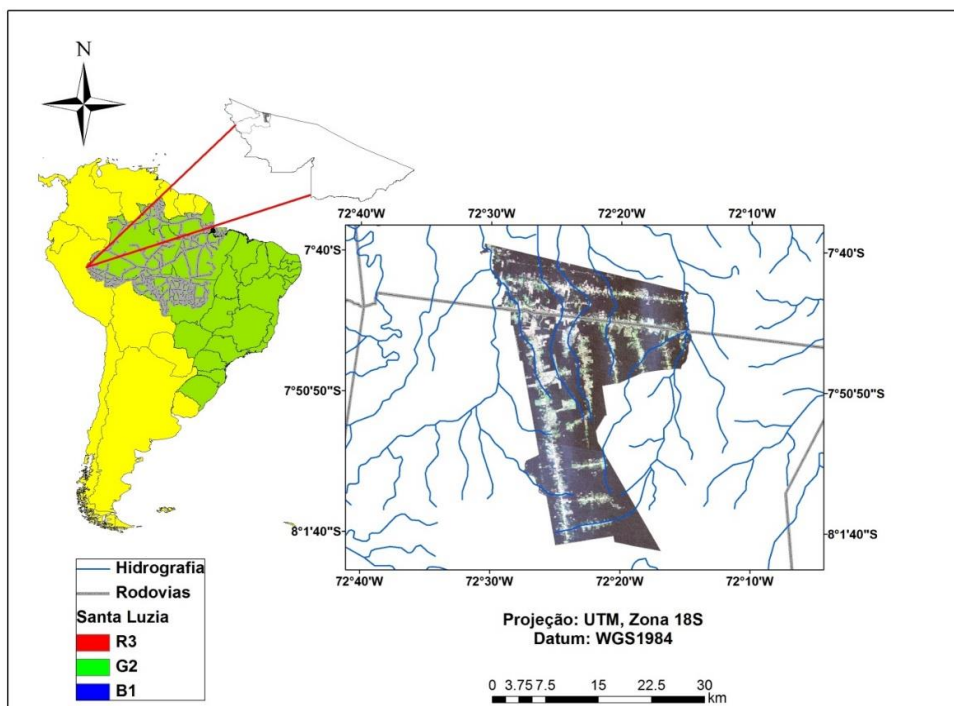


Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo com a composição colorida do sensor TM (R3, G2 e B1).

Foram utilizadas as imagens do sensor TM (Tabela 1), abordo do satélite Landsat-5, as imagens TM são compostas por sete bandas espectrais, sendo seis bandas refletivas e uma banda termal. Foram adquiridas através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponíveis no catálogo eletrônico de imagens armazenadas no endereço <dg.i.inpe.br/CDSR/>, do período de (2005, 2006, 2007, 2008 e 2010).

Tabela 1 - Datas de aquisição das cenas Landsat-5 selecionadas

Ano	Satélite	Sensor	Data	Órbita/Ponto
2005	LANDSAT-5	TM	14/07/2005	005/65
			14/07/2005	005/66
2006	LANDSAT-5	TM	02/08/2006	005/65
			14/05/2006	005/66
2007	LANDSAT-5	TM	21/08/2007	005/65
			21/08/2007	005/66
2008	LANDSAT-5	TM	06/07/2008	005/65
			06/07/2008	005/66
2010	LANDSAT-5	TM	28/07/2010	005/65
			28/07/2010	005/66

Para o processamento das imagens (calibração radiométrica, refletividade, índices de vegetação, emissividades e a estimativa da temperatura da superfície continental), empregou-se o algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) proposto por Bastiaanssen et al., (1998) e a metodologia adotada por Delgado et al., (2012).

Objetivando avaliar o desempenho estatístico do método para determinar a temperatura da superfície continental, foram realizadas análises comparativas entre as metodologias propostas com base nos valores efetivamente medidos (observados) na Estação Meteorológica Convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Cruzeiro do Sul, AC para o dia da passagem do satélite. Para o teste dos modelos, foi adotado o coeficiente de determinação (r^2) e o índice de concordância $\delta\delta$ de Willmott (Willmott et al., 1981, 2005).

Foram realizados teste de normalidade e homogeneidade dos dados por meio de estatística não-paramétrica (Shapiro-Wilks, Hartley e Bartlett) realizados no programa estatístico R. As equações utilizadas são dadas abaixo:

$$d = 1,0 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (1)$$

$$r^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{O})^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (2)$$

em que:

P_i = iésimo valor estimado; O_i = iésimo valor observado; \bar{O} = valor médio observado de; N = número de dados.

O teste de Shapiro-Wilk (S-W) tem sido amplamente utilizado na literatura para identificar, com precisão se uma amostra ou um conjunto de dados segue a distribuição normal. Através dos comandos shapiro.test aplicativo existente no programa R foram obtidos os valores de W e p-valor. Onde o teste é baseado na seguinte hipótese:

H_0 - A distribuição representa uma curva gaussiana, ou seja, uma distribuição normal e H_1 - A distribuição não representa uma curva gaussiana, ou seja, não é uma distribuição normal.

Se o valor calculado de W é estatisticamente significativo (para $p < 0,05$) rejeita-se a hipótese H_0 que a distribuição estudada é normal. Ou seja, para a distribuição ser considerada Normal o valor deve ser ($p < 0,05$) e estatisticamente não significativo aceita-se a H_1 (Equação 3).

$$W = \frac{\left(\sum_{i=1}^n a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_i) \right)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

em que:

$i = 1, 2, \dots, n$, é o tamanho da amostra;

x_i = valor da medição da amostra em análise, ordenado do menor para o maior valor \bar{x} = valor médio da medição;

a_{n-i+1} = coeficiente calculado por S-W;

W = estatística de S-Ws.

Um dos testes mais utilizados para verificação da homocedasticidade é o Teste de Hartley ou teste da razão máxima (Equação 4). Considerou-se um conjunto de grupos, cada um com r dados, para os quais desejou testar a homocedasticidade. Para tanto, foram calculadas as estimativas de variância S_i^2 dos diferentes grupos e a estatística.

$$H_C = \frac{S_{\max}^2}{S_{\min}^2} \quad (4)$$

em que:

S_{\max}^2 - maior variância;

S_{\min}^2 - menor variância; e foi comparado seu valor com os valores críticos de $H(g, r - 1)$, da tabela de Pearson e Hartley (1970).

Se, rejeita-se a hipótese de homocedasticidade conclui-se que não existe homogeneidade de variâncias entre os grupos.

Este teste tem como pressuposto que as populações tenham distribuição normal. Além disso, só é aplicável quando as diferentes amostras envolvidas tenham dimensões n_j não inferiores a quatro ($n_j \geq 4$, para todo o j).

Hipóteses a testar: $H_0: \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = \frac{\sigma_2^2}{\sigma_k^2} = \Lambda$ e $H_1: \frac{\sigma_i^2}{\sigma_j^2} \neq \Lambda$, para algum i e algum j , tais que $i \neq j$.

Estatística de teste (Equações 5 a 10):

$$B_0 = \frac{q}{C} \quad (5)$$

$$q = (N-K) \ln S_p^2 - \sum_{j=1}^k (n_j - 1) \ln S_j^2 \quad (6)$$

$$N = \sum_{j=1}^k n_j \quad (7)$$

$$S_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x})^2}{(n_j - 1)} \quad (8)$$

$$S_p^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_j} (n_j - 1) S_j^2}{(N - K)} \quad (9)$$

$$C = 1 + \frac{1}{3(K-1)} \left[\sum_{j=1}^K \frac{1}{(n_j - 1)} - \frac{1}{N-K} \right] \quad (10)$$

Sob H_0 (igualdade das variâncias) sabe-se que B_0 tem distribuição assintótica qui-quadrado χ^2_{k-1} com graus de liberdade. Desta forma, rejeita-se H_0 se $B_0 > Q_{[1-\alpha]; k-1}$ no qual $B_0 > Q_{[1-\alpha]; k-1}$ representa o quantil $(1 - \alpha)100\%$ da distribuição qui-quadrado com $(k - 1)$ graus de liberdade. Além disso, o P-valor é calculado por:

$$P\text{-valor} = P \left[\chi^2_{k-1} > B_0 \mid H_0 \right] \quad (11)$$

em que:

S_j^2 e S_p^2 = são as variâncias da amostra e populacional;

N = número de observações;

n_j = número de medidas em cada nível;

K = número de nível do fator;

χ^2_k = variância da população;

B_0 = estatística de Bartlett.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 é apresentada a evolução temporal e espacial dos valores médios de temperatura para o PAD Santa Luzia, onde foram constatadas as médias de 19,93°C, 24,56°C, 21,48°C, 19,23°C e 19,39°C para os anos de 2005, 2006, 2007, 2008 e 2010, respectivamente.

As áreas de florestas em diferentes estágios sucessionais correspondem a valores médios abaixo de 18°C (Figura 2). São áreas em que apresentam características de amenizar as altas temperaturas da superfície das cidades. Pode-se observar que a temperatura da superfície continental mostra distinção entre a área urbanizada e floresta do PAD representada pela cor em tons de amarelo e vermelho (Figura 2).

Segundo Jesus et al., (2013) é comprovado que a vegetação promove benefícios que vão desde a melhoria no microclima, através da diminuição da reflexão da radiação e por meio do aumento da umidade atmosférica.

Na mesma região Delgado et al. (2012) ao estudar a influência da mudança da paisagem, a partir de dados TM (Thematic Mapper) em Cruzeiro do Sul, AC, constataram o crescimento das áreas antropizadas entre os anos de 2005 a 2010. Outro resultado importante encontrado por estes pesquisadores foi o aumento da temperatura da superfície em áreas antropizadas com valores superiores a 40°C , que resultou no aumento da precipitação de 17.6 mm.ano^{-1} (1971-1990), com valor máximo de 30.5 mm.ano^{-1} nos anos de 1993 a 2002.

Os resultados encontrados também estão de acordo com o mapeamento do saldo de radiação por Di Pace et al. (2008) com imagens TM, os autores encontraram valores superiores nas áreas consideradas como solo exposto ($31,5^{\circ}\text{C}$ e $35,9^{\circ}\text{C}$), já para áreas irrigadas os valores oscilaram de um máximo de $27,1^{\circ}\text{C}$ a um mínimo de $24,5^{\circ}\text{C}$.

Assim, além das áreas vegetadas, a arborização de ruas em Cruzeiro do Sul, por exemplo, poderia abrandar o processo de aquecimento nos locais de solo exposto e culturas na região do PAD Santa Luzia.

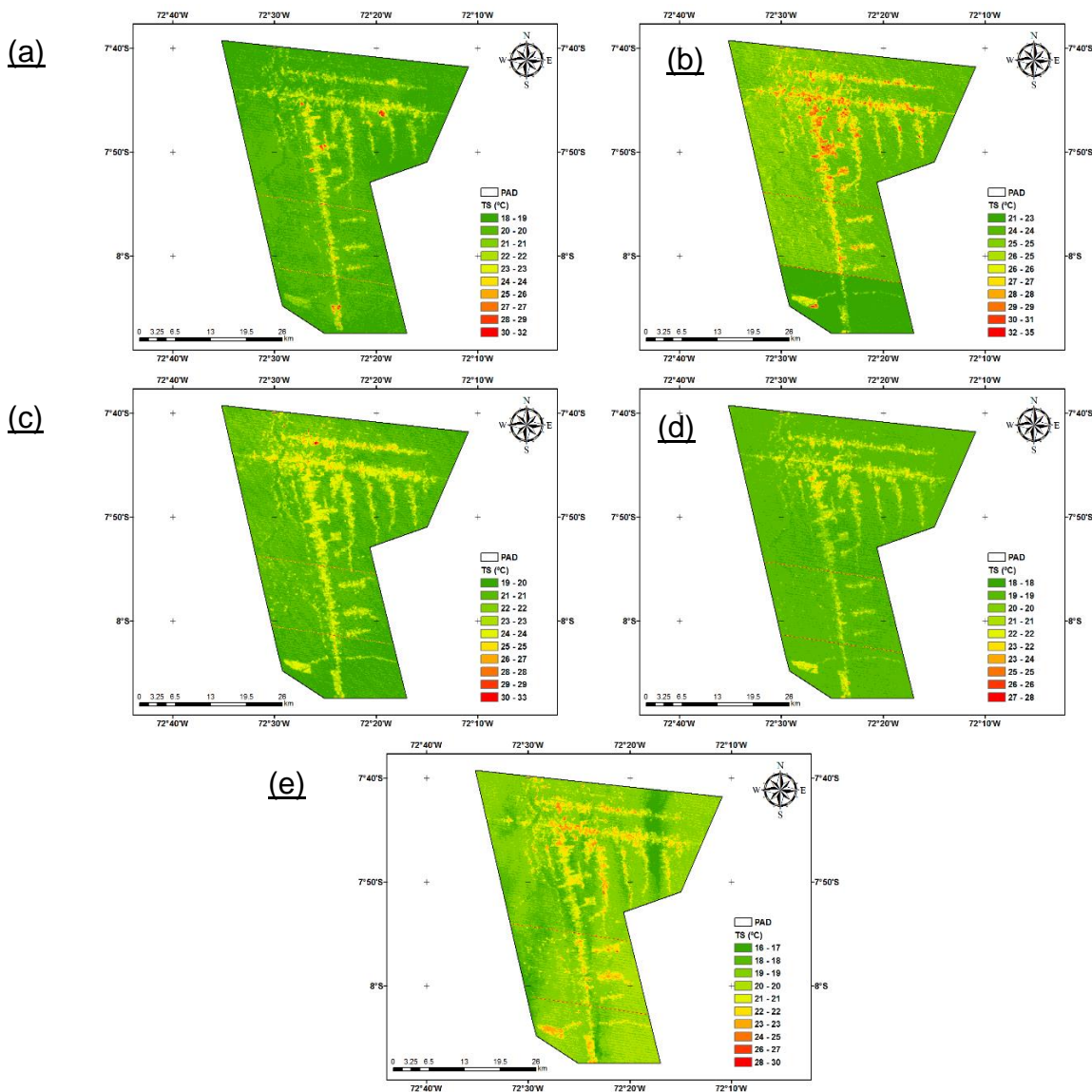


Figura 2 - Análise espacial e temporal da temperatura da superfície continental estimada pelo algoritmo SEBAL.

Os testes estatísticos aplicados aos dados mostraram o quanto à temperatura da superfície continental se aproxima ou se distancia de uma distribuição normal. Foi obtida uma função de distribuição de probabilidade normal da temperatura da superfície continental. Os resultados apresentaram baixa dispersão com coeficiente de determinação de 0,87, sendo que os dados possuem uma distribuição aproximadamente normal, posteriormente os resultados foram confirmados pelos testes de S-W, conforme a Tabela 2. Apesar do alto coeficiente r^2 , o índice de concordância ω foi muito baixo com valor de 0,12. Este resultado pode estar associado às altas taxas de umidade da floresta Amazônica, o que pode ter influenciado significativamente no índice ω .

Verifica-se que os dados apresentaram uma distribuição normal e, os valores para p-valor do teste de normalidade são superiores para os níveis de significância 5% (Tabela 2).

Tabela 2 - Distribuição dos testes de normalidade (Shapiro-Wilks) e homogeneidade (Hartley e Bartlett) utilizados no estudo.

Teste de Homogeneidade Hartley e Bartlett		Teste de Normalidade Shapiro-Wilks	
Observado (INMET) p-value = $2,2 \times 10^{-16}$	Estimado (TM) p-value = $2,2 \times 10^{-16}$	Observado (INMET) p-value = 0,513	Estimado (TM) p-value = 0,17

A análise de homogeneidade da variância dos dados foi baseada nos testes de Hartley (teste da razão máxima) e Bartlett. Os resultados mostraram que ambos os testes (Tabela 2) identificaram a ocorrência de heterocedasticidade regular (não homogeneidade dos dados), em que o $H_{\text{calculado}} > H_{\text{tabelado}}$, e o p-valor com valor inferior ao nível de significância de 0,05. Corroborando para a rejeição da hipótese de homocedasticidade (homogeneidade) das variâncias dos dados do estudo.

Uma possível solução é ampliar o número de dados de outros sensores e plataformas (imagens) e o tratamento estatístico no conjunto de dados para assegurar os resultados obtidos.

4. CONCLUSÕES

Este estudo possibilitou validar a utilização dos dados do Sensoriamento Remoto orbital com a Estação Meteorológica Convencional de Cruzeiro do Sul, AC, podendo contribuir para possíveis decisões por parte dos órgãos governamentais frente ao planejamento urbano no assentamento.

As áreas com vegetação apresentaram os menores valores de temperatura da superfície continental do que as áreas de solo exposto do PAD.

A metodologia aplicada foi eficiente para estimar a temperatura da superfície continental no PAD.

As recomendações futuras deste trabalho são para aumentar a série de dados com outras plataformas como o sensor MODIS e analisar sazonalmente a temperatura da superfície, para que se possa inferir sobre a precisão e correlação dos dados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bastiaanssen, W. G. M.; Menenti, M.; Feddes, R. A. A. M. 1998. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Journal of Hydrology, v. 212-213, p. 198-212.

Di Pace, F. T.; Silva, B. D.; Silva, V. D.; Silva, S. D. 2008. Mapeamento do saldo de radiação com imagens Landsat 5 e modelo de elevação digital. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 12, n.4, p. 385-392.

Delgado, R. C.; Souza, L. P.; Silva, I. W. R.; Pessôa, C. S.; Gomes, F. A. 2012. Influência da mudança da paisagem amazônica no

aumento da precipitação em Cruzeiro do Sul, AC. Enciclopédia biosfera, v. 8, p. 665-674.

Freitas, D. M.; Delgado, R. C.; Rodrigues, R. A.; Souza, L. P. 2012. Variabilidade espaço-temporal na mudança da paisagem no município de Acrelândia, AC. Enciclopédia biosfera, v. 8, p. 935-946.

IBGE. Mapa de Vegetação do Brasil, 1992. Disponível no endereço eletrônico: <http://www2.ibge.gov.br/pub/Cartas_e_Mapas/Mapas_Tematicos>.

Jensen, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. 2009. 2ª Edição traduzida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais ó INPE. São Paulo, Parêntese, 672p.

Jesus, R. J.; Coelho, A. L. N. 2013. Determinação da Temperatura de Superfície do Município de Cariacica ó ES com emprego de Geotecnologias. Anais... XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, PR, INPE, p.1053-1060.

Kuplich, T.M.; Perez, P.L.; Valeriano, D.M.; Souza, R.D.A.; Xavier, C.S.; Motta, M.; Guisard, D.M.P. 2005. Mosaico do desmatamento no Estado do Acre em 1985, Anais... XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, INPE, p. 1577-1583.

Ledo, E. R. F.; Oliveira, J. B.; Silva, M. G.; Araujo, E. M.; Araujo, E. M. 2011. Análise comparativa da temperatura de superfície obtida com auxílio de imagens orbitais e temperatura medida na cidade de Igatu-CE. Revista Acta Tecnológica, v. 6, n. 1, p. 73-88.

Silva, J. W. F.; Santos, R. L. 2007. Estimativa da temperatura da superfície do solo de uma região semi-árida a partir do IRMSS (banda 4) do CBERS-2. Anais... XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE, p. 1159-1166.

Sousa, S. B.; Ferreira Junior, L. G. 2012. Relação entre temperatura de superfície terrestre, índices espectrais e classes de cobertura do município de Goiânia ó GO. RAØEGA, n. 26, p. 75-99.

Willmott, C. J. 1981. On the validation of models. Physical Geography, v. 2, p.184-194.

Willmot, C.J.; Matsuura, K. 2005. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. Climate Research, v. 30, p. 79-82.



DINÂMICA ESPACIAL E TEMPORAL DO USO DA TERRA NO MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA, RIO DE JANEIRO, BRASIL

SPATIAL AND TEMPORAL DYNAMICS OF LAND USE IN THE MUNICIPALITY OF SEROPÉDICA, RIO DE JANEIRO, BRAZIL

Roberto Diego Bezerra da Silva

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ, roberto.ufrj@gmail.com

Rafael Coll Delgado

Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais, Seropédica/RJ
rafaelcolldelgado32@gmail.com

Gustavo Bastos Lyra

Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais, Seropédica/RJ
gblyra@gmail.com

José Francisco de Oliveira Júnior

Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais, Seropédica/RJ
joliveirajunior@gmail.com

Rafael de Ávila Rodrigues

Professor Doutor da Universidade do Estado de Minas Gerais ó Campus de Frutal, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Frutal/MG, rafael.avila.rodrigues@gmail.com

Ana Carolina Cardozo

Estudante do curso de Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais, Seropédica/RJ, anadcardozo@hotmail.com

Felipe Gomes Brasileiro

Estudante do curso de Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais, Seropédica/RJ, brasileiro.felipe@gmail.com

RESUMO

Foram avaliados a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra entre os anos de 1990 e 2010 no município de Seropédica, Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). Foram utilizadas imagens TM (*Thematic Mapper*) Landsat 5 e os métodos de classificações supervisionadas baseado nos algoritmos da Mínima Distância (MINIDIST), Máxima Verossimilhança (MAXVER) e distância de Mahalanobis (MAHAL). Os resultados obtidos de 1990 mostraram que a classificação MINIDIST superestimou as classes de áreas de água (5,02%), mata (8,94%), solo exposto (16,05%) e pastagem (59,33%), respectivamente. O MINIDIST em 1990 subestimou a classe área urbana (10,66%) comparado com os demais métodos. As classes pastagem (59%), mata (20,68%) e água (2,25%) foram superestimadas pelo MINIDIST, enquanto que para as classes espectrais de solo exposto (0,92%), área urbana (11,54%) e eucalipto (5,81%) ocorreram subestimativa comparado aos métodos MAHAL e MAXVER em 2010. O viés médio mostrou que os valores de área para ambos os classificadores foram superestimados em relação aos dados do projeto SOS Mata Atlântica. Os índices de vegetação mostraram-se compatíveis com a literatura, às exceções foram às discrepâncias na estimativa de área atribuídas à transição de períodos secos e chuvosos que ocorreram antes da passagem do satélite sobre a região. Ressalta-se que todos os classificadores utilizados neste estudo são passíveis de erro, ou seja, os classificadores foram desenvolvidos na tentativa de aperfeiçoarem os trabalhos de interpretação visual em Seropédica.

Palavras-chave: Landsat-5 TM, classificação supervisionada e mudança da paisagem.

ABSTRACT

The paper analyses the spatial-temporal dynamics of land use and coverage between 1990 and 2010 in Seropédica, in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro (MRRJ). It uses the images captured by the TM (*Thematic Mapper*) Landsat 5 and the supervised method of classification based on the algorithms of Minimum Distance, Maximum Likelihood and Mahalanobis distance. The 1990 results show that the Minimum Distance classifier overestimated the classes of water areas (5.02%), forest (8.94%), exposed soil (16.05%) and pasture (59.33%), respectively. When compared to the other methods, the 1990 results also show that the Minimum Distance classifier underestimated the urban area class (10.66%). In 2010, the Minimum Distance classifier overestimated the classes of pasture (59%), forest (20.68%) and water (2,25%), whereas when compared to the Mahalanobis distance and Maximum Likelihood classifiers the spectral classes of soil exposure (0.92%), urban area (11.54%) and eucalyptus (5.81%) were underestimated. In both classifiers the mean-bias (MB) showed that the values of the area were overestimated in relation to the project SOS Mata Atlântica. The vegetation indices showed to be compatible with current literature. However, the discrepancies in the estimates of area attributed to the transition between dry and rainy seasons, which happened before the satellite had passed over the region, were exceptions. It is important to highlight, however, that all classificatory methods used during this study are liable to error, thus making the work of the photo interpreter indispensable. In other words, these classifiers were developed with the aim to improve the visual interpretation work in Seropédica.

Keywords: Landsat-5 TM, supervised classification and landscape change.

1. INTRODUÇÃO

A dinâmica espacial e temporal da paisagem fornece subsídios fundamentais para o planejamento e uso adequado da terra, assim como para o uso racional dos recursos naturais (Delgado et al., 2012). Atualmente, o sensoriamento remoto é uma ferramenta importante na caracterização do ambiente, aquisição das informações, inventários e gerenciamento da paisagem agroflorestal (Freitas et al., 2012). A evolução e a utilização do sensoriamento remoto permite, através de uma análise da distribuição espacial das áreas, caracterizar o uso da terra, e assim, fornece informações importantes de épocas passadas, as quais podem subsidiar metodologias com enfoques temporais (Mather, 1999).

O geoprocessamento e a utilização de informações de sensoriamento remoto se destacam como importantes ferramentas, pois possibilita a abrangência de análises de grandes áreas, a periodicidade das informações, a vantagem de se monitorar áreas remotas e de difícil acesso e a espacialização das informações, como exemplo de aplicação, o mapeamento da cobertura vegetal baseado em imagens de índices. Entre os índices utilizados na literatura, destacam-se o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) e o Leaf Area Index (LAI). Serão adotadas ao longo do texto as siglas em inglês para os índices de vegetação.

Vários satélites em órbita apresentam sensores capazes de obter informações espectrais dos alvos da superfície da Terra, em várias bandas do espectro eletromagnético, como é o caso do sensor TM (*Thematic Mapper*) do Landsat. Os sensores das sete bandas disponíveis no satélite Landsat TM fornecem importantes ferramentas para análise e identificação da curva da refletância espectral, representada pelos diferentes alvos da imagem, também podem ser utilizadas para delinear e estimar suas áreas (Liu, 2006). Isso aumentou consideravelmente o número de dados dos alvos a serem analisados e, de certa forma, também o trabalho de análise.

Algumas faixas espectrais do sensor TM são usadas para caracterização dos índices de vegetação, o que reduz o volume de dados a serem analisados, pois praticamente toda a informação referente à vegetação fica resumida a somente um valor numérico. Esse processo facilita assim o monitoramento e o estudo do crescimento/desenvolvimento da vegetação (Freitas et al., 2012).

Diversas metodologias baseadas do sensoriamento remoto têm sido desenvolvidas para a classificação (ou identificação) automática do uso da terra. Os procedimentos, atualmente em uso, baseiam-se na simples investigação da característica radiométrica do pixel (análise multiespectral), sem considerar a possível transformação dessas características no tempo (análise multitemporal) e no espaço (textura) (Delgado et al., 2012).

O desenvolvimento de tais metodologias representa um avanço para instituições e empresas interessadas em monitorar e fiscalizar áreas de forma rápida, com baixo custo e sem a necessidade de se deslocar um grande contingente humano para área de interesse (Delgado, 2010).

Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo principal analisar três métodos de classificação supervisionada: Distância de Mahalanobis (MAHAL), Mínima Distância (MINDIST) e Máxima Verossimilhança (MAXVER), e, por fim três índices de vegetação: NDVI, SAVI e IAF no município de Seropédica, RJ entre os anos de 1990 e 2010.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A área de estudo compreende o município de Seropédica, Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), situado na Região Sudeste (Figura 1) com área de aproximadamente 266,55 km². Seropédica fica localizada entre as latitudes 22° 37' S a 22° 52' S e as longitudes 43° 37' W a 43° 48' W e sua altitude média de 196 m.

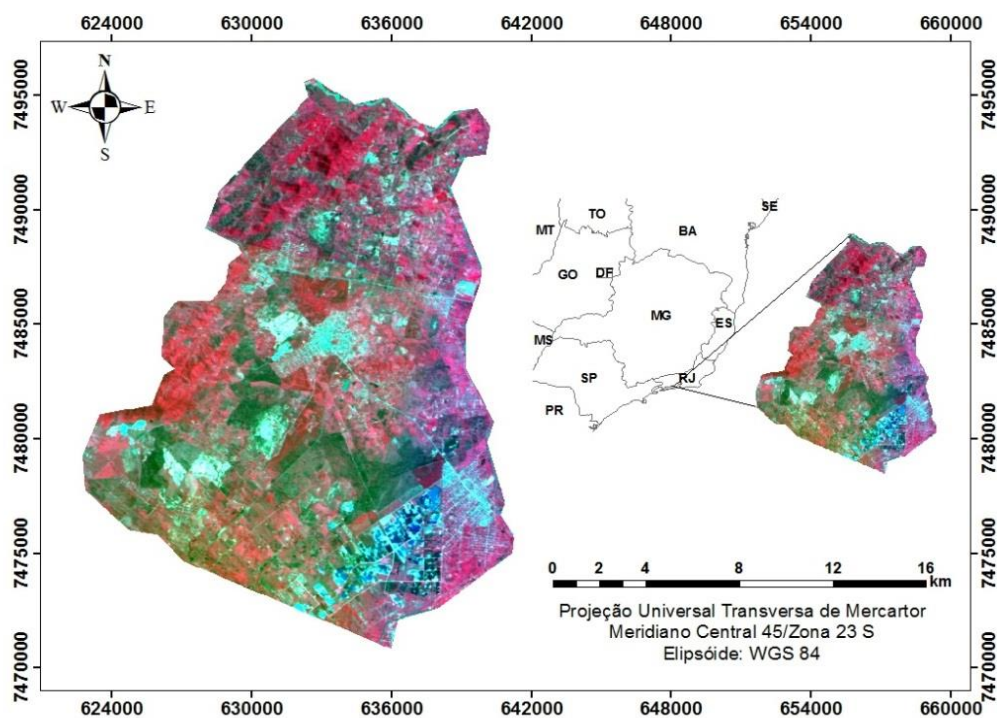


Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo.

Foram utilizadas imagens TM Landsat 5 compostas por sete bandas espectrais, sendo seis bandas refletivas e uma banda termal. As imagens foram processadas no Instituto de Florestas/Departamento de Ciências Ambientais (IF/DCA) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) utilizando os softwares ArcGIS 9.3 e ERDAS IMAGINE 10, onde foram gerados os mapas das classes espectrais (solo exposto, água, pastagem, área urbana, mata e eucalipto) e a estatística espectral pixel a pixel dos índices de vegetação (NDVI, SAVI e o IAF).

Para o cálculo dos índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) foram adotadas as metodologias de Rouse et al. (1973), Huete (1988) e Allen et al. (2007), respectivamente (Equações 1-3).

$$NDVI = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \quad (1)$$

$$SAVI = \frac{(1 + \lambda)(\rho_2 - \rho_1)}{(\lambda + \rho_2 + \rho_1)} \quad (2)$$

$$LAI = - \frac{\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{0,91} \quad (3)$$

em que,

ρ_1 e ρ_2 = refletividades do vermelho e infravermelho próximo;

λ = constante (0,1) em virtude de se verificar que esse valor proporciona um índice de Área Foliar (LAI) mais compatível com valores em superfície (ALLEN et al., 2007).

As imagens (ano de 1990 e 2010) foram adquiridas no catálogo eletrônico de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) por meio do acesso ao endereço <dgi.inpe.br/CDSR/> (CDSR, 2012). Para o mapeamento das áreas (solo exposto, água, área urbana, mata e eucalipto) foram utilizados os métodos de classificação supervisionada por MAHAL, MINDIST e MAXVER (Jensen, 1986; Schowengerdt, 1997).

Na obtenção da união das imagens, calibração radiométrica, refletividade e índices de vegetação foram utilizados o algoritmo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*), conforme proposto por Bastiaanssen et al. (1998).

No cálculo da calibração radiométrica, onde os valores de L_{min} e L_{max} utilizados devem seguir a metodologia de Chander et al. (2009). Em que se tratando de dados TM, as imagens obtidas num intervalo de março 1984 até maio de 2003 devem utilizar os valores estabelecidos para este período, assim como também para imagens obtidas após 4 de maio de 2003.

Na Figura 2 são apresentados os passos para o processamento das imagens TM para o município de Seropédica, RJ.

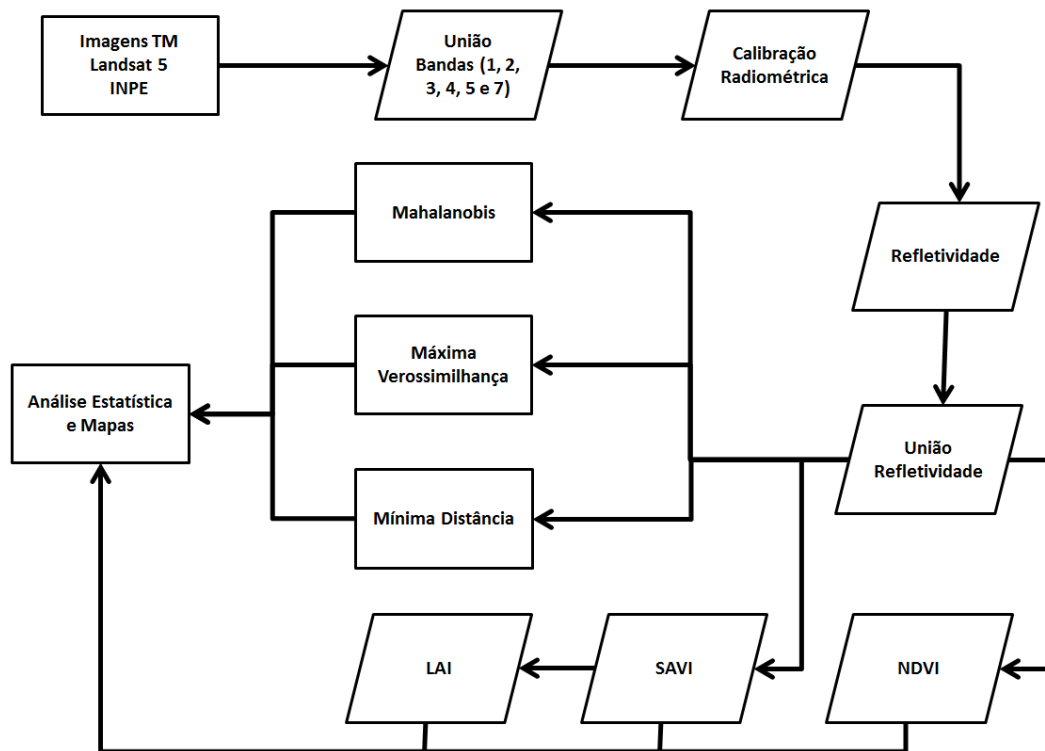


Figura 2 - Fluxograma do sistema de processamento das imagens do sensor TM.

As imagens Landsat 5 são em grande maioria do período seco (outono e inverno), em que se verifica pouca cobertura de nuvens e também foram utilizadas das imagens tomadas em outras estações (verão e inverno) dos anos em estudo para aferição de eventuais dúvidas quanto à caracterização espectral das áreas em cenário dinâmicos, como também para prover uma base de dados histórica sobre a variação das áreas na área de estudo.

Antes da classificação supervisionada foi necessário fazer a coleta de assinaturas como verdade de campo (polígonos de mata e área urbana), adquiridas por meio do acesso ao endereço <mapas.sosma.org.br> (Sosma, 2012). Também se utilizou como ferramenta para aferição visual de alta resolução o programa *Google Earth*.

O georreferenciamento das imagens TM do Landsat foi realizado no software ArcGIS versão 9.3 tomando por base imagens georreferenciadas do CBERS.

Para a avaliação espectral da imagem para os anos de 1990 e 2010 em relação aos dados efetivamente medidos vetorizados da base de dados do projeto SOS Mata Atlântica, utilizou-se o erro estatístico Viés Médio (VM) proposto por Willmott e Matsuura (2005) (Equação 4).

$$VM = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)}{N} \quad (4)$$

em que, P_i é o $i^{\text{ésimo}}$ valor estimado de área urbana e mata (ha), O_i é o $i^{\text{ésimo}}$ valor observado de área urbana e mata (ha), \bar{O} é o valor médio observado de área urbana e mata (ha), N é o número de dados analisados.

3. RESULTADOS

Na Figura 3a verifica-se que os valores médios do NDVI apresentaram pouca variabilidade durante todos os anos estudados, sendo que seus valores variam de 0,52 em 2005 à 0,62 em 1995. O NDVI identifica melhor uma vegetação mais densa, o que explica o aumento das áreas de mata para os anos de 1990 e 2010 (Tabela 1) para ambos os classificadores espectrais adotados neste estudo. A imagem de 1995 corresponde ao final de um período chuvoso, que justifica o alto valor do NDVI.

O ano de 2005 foi caracterizado com o menor índice NDVI (Figura 3a), esta imagem correspondeu a um período seco, o que explica a queda desse valor.

O aumento das áreas de pastagem na região de estudo está associado ao aumento do índice IAF, onde os valores aumentaram de forma gradativa (Figura 3a), com variação de 0,29 (1990) a 0,69 (2010). O ano de 2010 foi caracterizado com o maior IAF, correspondente a uma imagem do período chuvoso. Esse resultado indicou aumento na biomassa do município, resultando em aumento das áreas de pastagem para os anos de 1990 e 2010 (Tabela 1).

O índice SAVI oscilou entre 0,29 em 2000 à 0,36 para o ano de 2010 (Figura 3a). O SAVI é um índice mais aconselhável para caracterizar vegetação não densa pelo fato de ter ajuste na refletividade do solo e, portanto, um índice confiável para o município de Seropédica pela quantidade de pastagens existentes na região.

No ano de 1990 o método estatístico espectral MAHAL classificou a área de água (Figura 4a) em 1.116,00 ha (Tabela 1). Já no ano de 2010 a área de água classificada (Figura 4b) foi de 548,46 ha (Tabela 1). Esta área de água apresentou diminuição significativa de área de 567,54 ha no intervalo de 20 anos no município de Seropédica, com um percentual de 1,93%. Para a classe mata no ano de 1990 foi classificada uma área correspondente a 2017,8 ha. Para o ano de 2010, a mesma área teve aumento significativo (aproximadamente de 11,54%), onde passou a ser de 3.278,61 ha (Tabela 1). Houve neste caso um aumento de 1.260,81 ha entre os anos de 1990 a 2010.

Ainda na classificação supervisionada de MAHAL da classe urbana em Seropédica, no ano de 1990 foram classificados 8.686,8 ha (Tabela 1). Para o ano de 2010, observou-se diminuição significativa nos últimos 20 anos de área construída, onde a mesma passou a ser de 7.849,17 ha (Tabela 1) (Figura 4b).

Para solo exposto (Figura 4a) a área foi de 2.265,21 ha em 1990, enquanto que no ano de 2010, a mesma classe espectral passou a ser de 1.525,32 ha, e assim ocorreu diminuição para o classificador MAHAL em área de 739,89 ha (Tabela 1). Para pastagem (Figura 4a) no ano de 1990 apresentou área de 14.363,01 ha para o município (Tabela 1).

Para o ano de 2010 (Figura 4b) esta área passou a ser de 12.325,5 ha (Tabela 1). Ocorreram entre estas duas décadas aumento considerável de aproximadamente 47,23% de área ocupada por pasto, seja ele implantada ou espontânea (forma natural). A área total do ano de 1990 calculada pelo método MAHAL foi de 28.448,82 ha (Tabela 1). O ano de 2010 foi de 28.422,81 ha (Tabela 1). A diferença da área total foi de 26,01 ha entre os anos de 1990 e 2010.

No ano de 2010, o método MAHAL classificou a área de eucalipto em 2.895,75 ha (Tabela 1 e Figura 4b). O classificador MAXVER aplicado para a classe eucalipto no ano de 2010 estimou uma área correspondente a 2.901,24 ha (Tabela 1 e Figura 4d). A classe eucalipto de 2010 pelo método da MINDIST apresentou área de 1.652,4 ha (Tabela 1 e Figura 4f). Comparando-se esses métodos, notou-se que o classificador de MAXVER para o ano de 2010 estimou a maior área para a classe eucalipto no município de Seropédica (Tabela 1).

A classificação pelo método de MAXVER para o ano de 1990 estimou área de 1.102,05 ha referente à água (Tabela 1, Figura 4c). No ano de 2010, o classificador utilizado identificou diminuição desses corpos d'água, com uma área de apenas 543,87 ha (Tabela 1, Figura 4d), equivalente a uma queda nos últimos 20 anos de 2% destas áreas.

O classificador MAXVER para a classe mata (Figura 4c) para o ano de 1990 identificou área de 2010,69 ha (Tabela 1), enquanto que no ano de 2010 ocorreu aumento significativo para esta classe de 3.281,04 ha (Tabela 1 e Figura 4d). Nos anos de 1990 e 2010, 8.466,75 ha e 7.854,84 ha foram estimados de área urbana (Figuras 4c e 4d) e (Tabela 1). Isto representou diminuição de 611,91 ha no período de 20 anos para o município de Seropédica.

Para solo exposto (Figura 4c) a área foi de 2.223,72 ha em 1990 (Tabela 1), no entanto o ano de 2010 (Tabela 1 e Figura 4d), a área passou a ser de 1.523,34 ha, segundo a classificação supervisionada de MAXVER ocorreu uma diminuição de 700,38 ha.

O método espectral de MAXVER para a classe pastagem (Figura 4c) do ano de 1990 (Tabela 1) estimou uma área correspondente a 14.364 ha. Para o ano de 2010 (Figura 4d e Tabela 1), esta classe apresentou redução de área de pasto de 12.312 ha. Em 20 anos, ocorreu redução de 2.052 ha no município de Seropédica. A classe área total do classificador MAXVER para o ano de 1990 (Tabela 1) foi de 28.167,21 ha, enquanto que no ano de 2010 (Tabela 1), a área atual foi de 28.416,33 ha, com aumento de 249,12 ha nos últimos 20 anos.

No ano de 1990 a classificação pelo método MINDIST para classe água estimou uma área (Figura 4e) de 1.218,87 ha (Tabela 1), enquanto que no ano de 2010 (Tabela 1 e Figura 4f), a classe apresentou área de 638,1 ha.

A classificação pelo método da MINDIST para o ano de 1990 estimou uma área de 2.169,36 ha referente à mata (Figura 4e e Tabela 1). No entanto, no ano de 2010 (Figura 4f e Tabela 1), o método estimou 5.875,38 ha para a classe de mata, ocorreu neste caso entre os anos de 1990 a 2010, aumento significativo em área de 3.706,02 ha para o município de Seropédica.

Para a classe área urbana, (Figura 4e) foi estimado 2.587,14 ha para o ano de 1990 (Tabela 1), já para o ano de 2010 (Figura 4f e Tabela 1), a mesma área passou a ser de 3.280,23 ha no município de Seropédica.

O classificador MINDIST de 1990 para a classe solo exposto (Figura 4e) classificou área correspondente a 3.895,47 ha (Tabela 1). No ano de 2010, a mesma área referente a solo exposto diminuiu significativamente, passando para 261,99 ha em 20 anos (Tabela 1 e Figura 4f).

Para a classe pastagem (Figura 4e) estimou uma área correspondente a 14.400 ha para o ano 1990 (Tabela 1). No ano de 2010 (Figura 4f e Tabela 1), o método MINDIST classificou uma área de 16.708,23 ha. No município de Seropédica houve um aumento de 2.308,23 ha de área de pasto entre os anos de 1990 a 2010.

Ainda na classificação supervisionada MINDIST de 1990, a classe área total do município de Seropédica foi estimada em 24.270,84 ha (Tabela 1), enquanto que em 2010 (Tabela 1), a mesma classe passou a ser 28.416,33 ha, ou seja, a diferença na área foi de 4.145,49 ha em 20 anos, respectivamente.

Para os anos de 1990 a 2010 verificou-se superestimativa de área para ambos os classificadores quando comparados com os dados observados (Figura 3b). Estes resultados positivos baseados no índice VM (Figura 3b) mostraram que a classificação espectral considera áreas de assinaturas semelhantes, o que difere das áreas vetorizadas de áreas observadas da classe urbana e mata do projeto SOS Mata Atlântica.

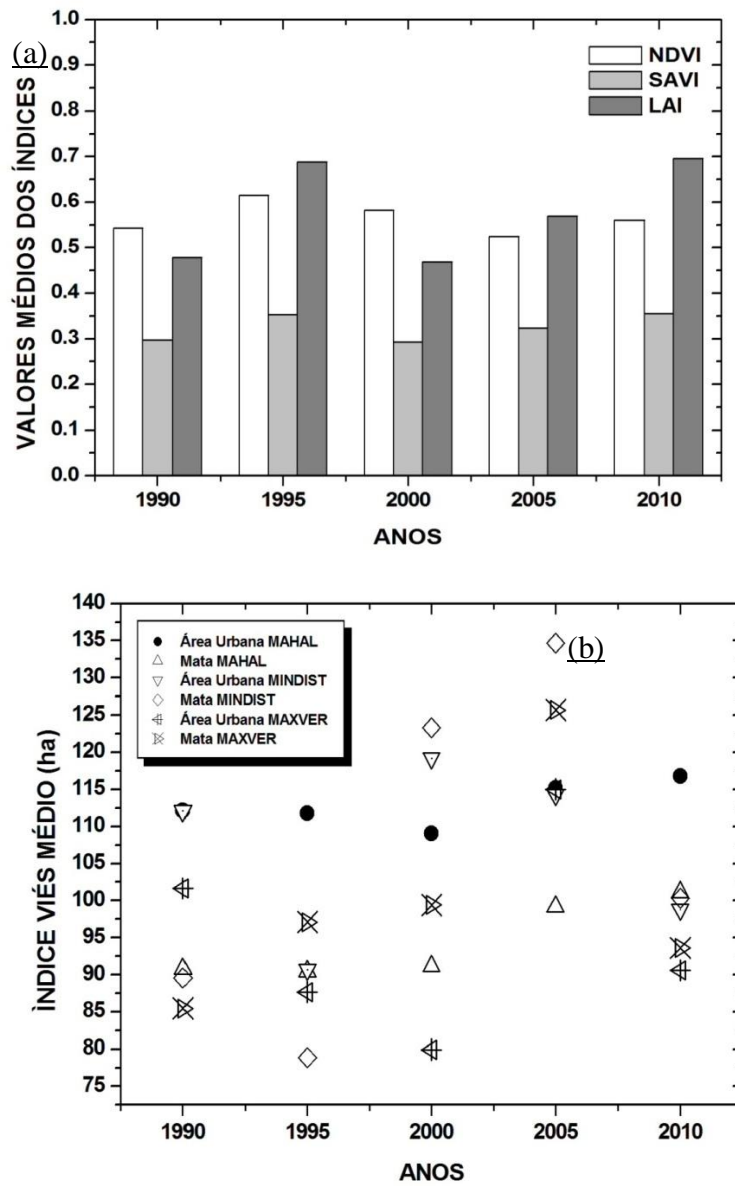


Figura 3a-b - Valores médios dos índices de vegetação (NDVI, SAVI e LAI) e Viés Médio (VM) em hectares nos anos de 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010 para o município de Seropédica, RJ.

Tabela 1 - Transformação espectral de pixel para área em hectares (ha) para os anos de 1990 e 2010 no município de Seropédica, RJ.

Classes/Anos	MAHAL (ha)	MAXVER (ha)	MINDIST (ha)	MAHAL (%)	MAXVER (%)	MINDIST (%)
Água (1990)	1.116,00	1.102,05	1.218,87	3,92	3,91	5,02
Água (2010)	548,46	543,87	638,10	1,93	1,91	2,25
Mata (1990)	2.017,80	2.010,69	2.169,36	7,09	7,14	8,94
Mata (2010)	3.278,61	3.281,04	5.875,38	11,54	11,55	20,68
Área urbana (1990)	8.686,80	8.466,75	2.587,14	30,53	30,06	10,66
Área urbana (2010)	7.849,17	7.854,84	3.280,23	27,62	27,64	11,54
Solo exposto (1990)	2.265,21	2.223,72	3.895,47	7,96	7,89	16,05
Solo exposto (2010)	1.525,32	1.523,34	261,99	5,37	5,36	0,92
Pastagem (1990)	14.363,01	14.364,00	14.400,00	50,49	51,00	59,33
Pastagem (2010)	12.325,50	12.312,00	16.708,23	43,37	43,33	58,79
Eucalipto (2010)	2.895,75	2.901,24	1.652,40	10,19	10,21	5,81
Área Total (1990)	28.448,82	28.167,21	24.270,84			
Área Total (2010)	28.422,81	28.416,33	28.416,33			
Área Total (%) (1990 e 2010)	100	100	100	100	100	100

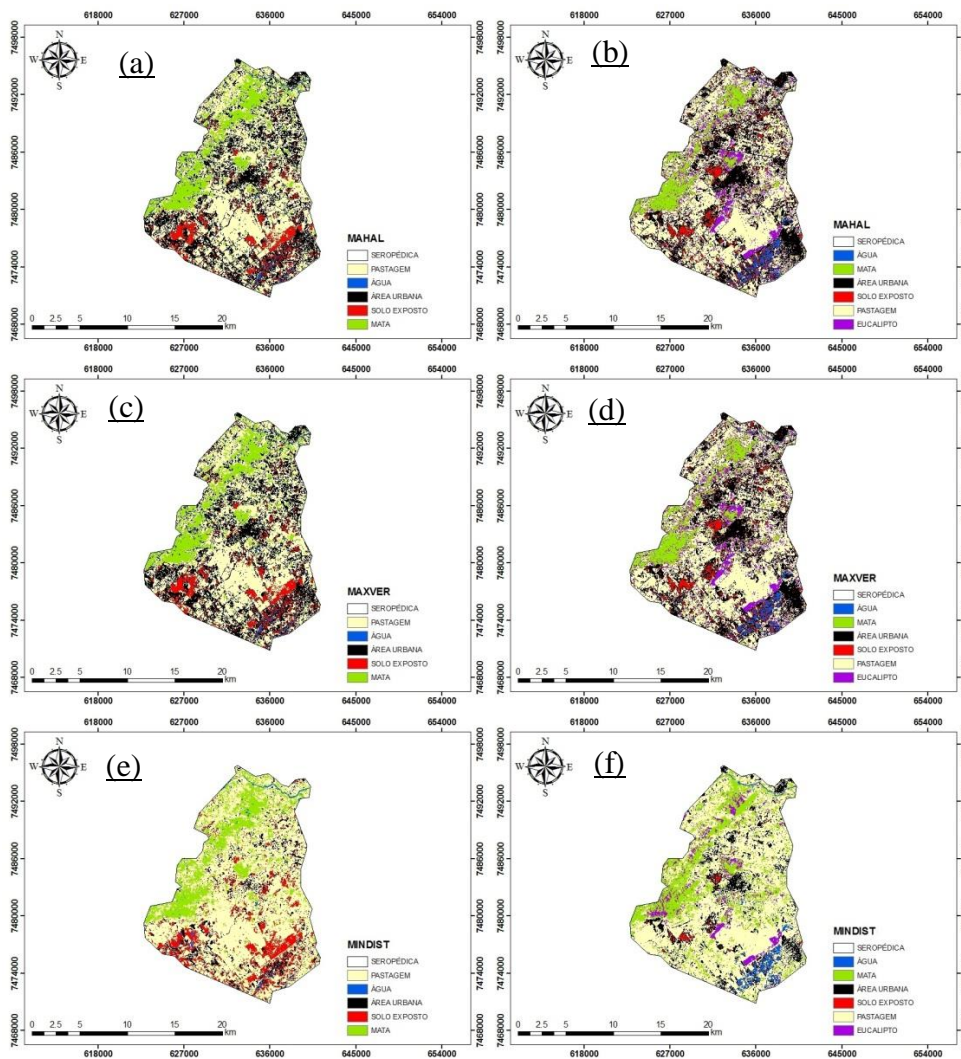


Figura 4a-f - Classificação espectral de 1990 (a) e 2010 (b) pelos métodos supervisionados de MAHAL, MAXVER e MINDIST para o município de Seropédica, RJ.

4. DISCUSSÃO

Para algumas classes (área urbanizada e mata), conforme a Figura 4a-f, o Viés Médio (VM) apresentou valores superiores aos observados pelo SOS Mata Atlântica devido a confusão das classes de pastagem, eucalipto e solo exposto. Estes valores provavelmente não foram bons por causa das poucas informações adicionais (dados de referência) da região classificada. Outro ponto importante que afeta a exatidão da classificação é a uniformidade ou homogeneidade das amostras de treinamento. Na classe mata houve baixa uniformidade das amostras, ou seja, pixels considerados como solo exposto, pastagem e eucalipto foram classificados como regeneração criando assim uma confusão na classificação da imagem.

Segundo Mello et al. (2012) ao estudarem os diferentes padrões de cobertura da terra em Rondônia constataram que os maiores erros estiveram relacionados a classe floresta, capoeira e solo exposto. Entre capoeira e floresta a explicação dos autores é que existe semelhança espectral entre ambas, já entre capoeira e solo exposto é o fato de algumas amostras de capoeira se encontrarem em estágios iniciais, com grandes proporções de solo exposto e algumas amostras de pastos apresentarem contribuições de resposta a gramíneas (Mello et al., 2012). Amaral et al. (2009) relatam que os problemas de separação entre as classes de diferentes estágios florestais, resultou em baixos níveis de exatidão, o que pode ser explicado pela semelhança espectral

existentes entre os alvos, pequena variação entre os valores numéricos dos pixels, existência de sobreposição entre classes e pela baixa resolução espectral dos sensores.

Verifica-se que existe uma grande disponibilidade de energia (radiação solar, precipitação, umidade, etc.) para o crescimento das áreas vegetadas. Nesse sentido, como a vegetação necessita de quantidade regular de água para manutenção e aumento da massa foliar (por meio da fotossíntese), observou-se aumento dos índices de vegetação em relação a abril. Apesar de alguns autores relacionarem o índice NDVI com a precipitação, é necessário que se tenha um tempo de resposta deste, similar aos resultados encontrados por Freitas et al. (2012) e Wang et al (2003).

De acordo com Delgado et al. (2012) e Freitas et al. (2012) avaliaram a informação espectral contida em imagens TM na classificação para Cruzeiro do Sul e Acrelândia, Acre (AC) e constataram aumento das áreas de pastagem, o que indicou que algumas áreas de pastagens passaram por processos de regeneração de floresta.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo, ainda que em caráter preliminar, indicam relevante alteração da paisagem ao longo dos 20 anos analisados. Em 1990 predomina as áreas classificadas como água, solo exposto e área urbana. Enquanto, em 2010 um acentuado crescimento das áreas de mata, pastagem e eucalipto no município de Seropédica, RJ.

Na análise do índice estatístico viés médio os valores de área para ambos os classificadores adotados no estudo superestimam os dados observados do projeto SOS Mata Atlântica.

Os índices de vegetação mostra-se compatíveis com a literatura, as discrepâncias na estimativa de área, se deve a transição de períodos secos e chuvosos que ocorrem antes da passagem do satélite Landsat 5 sobre o município de Seropédica, RJ.

É importante ressaltar que todos os classificadores utilizados neste estudo são passíveis de erro, o que torna o trabalho do foto intérprete indispensável, ou seja, os classificadores foram desenvolvidos na tentativa de aperfeiçoamento dos trabalhos de interpretação visual.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaral, M.V.F.; Souza, A.L.; Soares, V.P.; Soares, C.P.B.; Leite, H.G.; Martins, S.V.; Fernandes Filho, E.I.; Lana, J.M. 2009. Avaliação e comparação de métodos de classificação de imagens de satélites para o mapeamento de estádios de sucessão florestal. *Revista Árvore*, v.33 n.3, p.575-582.

Allen, R.; Tasumi, M.; Trezza, R. 2007a. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) ó Model. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.133 n.395, p.380-394.

Bastiaanssen, W.G.M.; Menenti, M.; Feddes, R.A.A. 1998. M.A remote sensing surfasse energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. *Journal of Hydrology*, v. 212-213 n. 220, p. 198-212.

Centro de Dados de Sensoriamento Remoto ó CDSR. <dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 15 ago. 2012.

Chander, G.; Markham, B.; Helder, D. 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+ and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, v. 113 n.5, p. 893-903.

Delgado, R.C.; Sediyaama, G.C.; Costa, M.H.; Soares, V.P.; Andrade, R.G. 2012. Classificação espectral de área plantada com a cultura da cana-de-açúcar por meio da árvore de decisão. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 32 n.2, p.369-380.

Delgado, R.C.; Souza, L.P.; Silva, I.W.R.; Pessoa, C.S.; Gomes, F.A. 2012. Influência da mudança da paisagem amazônica no aumento da precipitação em Cruzeiro do Sul, AC. *Enciclopédia Biosfera*, v.8 n.14; p. 665-674.



- Delgado R. C. 2010. Análise da evolução espaço-temporal das lavouras no Estado de Minas Gerais. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 132p.
- Freitas, D.M.; Delgado, R.C.; Rodrigues, R.A.; Souza, L.P. 2012. Variabilidade espaço-temporal na mudança da paisagem no município de Acrelândia, AC. Enciclopédia Biosfera, v.8 n.14, p. 935-946.
- Huete, A.R.A. 1998. Soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, n.3 v.2, p.295-309.
- Jensen, J. 1986. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. New York: Prentice Hall, 355p.
- Liu, W.T.H. 2006. *Aplicações de sensoriamento remoto*. Campo Grande: UNIDERP.
- Mather, P.M. *Computer processing of remotely-sensed images: an introduction*. 2 ed., Great Britain: John Wiley & Sons, 1999. 210p.
- Mello, A.Y.I.; Alves, D.S.; Linhares, C.A.; Lima, F.B. 2012. Avaliação de técnicas de classificação digital de imagens Landsat em diferentes padrões de cobertura da terra em Rondônia. *Revista Árvore*, v.36 n.3, p.537-547.
- Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W. 1973. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: *EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM*, 3, 1973, Washington: NASA., v.1, p.309-317.
- Schowengerdt, R.A. 1997. *Remote sensing, models and methods for image processing*, 2ed. San Diego, USA: Academic Press. 522p.
- SOS Mata Atlântica ó SOSMA. <mapas.sosma.org.br>. Acesso em: 15 ago. 2012.
- Wang, J.; Price, K. P.; Rich, P. M. 2003. Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the Central Great Plains. *International Journal of Remote Sensing*, v.24 n. 11, p. 2345-2364.
- Willmott, C. J.; Matsuura, K. 2005. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate Research*, v. 30 n.1, p.79-82.

GERAÇÃO DO FATOR TOPOGRÁFICO (LS) EM BACIA HIDROGRÁFICA: ANÁLISE DA EXTENSÃO DE VERTENTES

GENERATION OF TOPOGRAPHIC FACTOR (LS) IN WATERSHED: ANALYSIS OF SLOPE LENGTH

Leandro de Souza Pinheiro

Universidade do Estado de Minas Gerais-DCET. Av. Mário Palmério, 1001, Frutal-MG, CEP 38200-000
bandopinheiro@yahoo.com.br

Thiago Torres Costa Pereira

Universidade do Estado de Minas Gerais-DCET. Av. Mário Palmério, 1001, Frutal-MG, CEP 38200-000
thiago.solos@gmail.com

Rafael de Ávila Rodrigues

Universidade do Estado de Minas Gerais-DCET. Av. Mário Palmério, 1001, Frutal-MG, CEP 38200-000
rafael.avila.rodrigues@gmail.com

Gabriela Alves Jonas

Universidade do Estado de Minas Gerais-DCET. Av. Mário Palmério, 1001, Frutal-MG, CEP 38200-000
alvesgabriela@outlook.com

Angela Silva Miazaki

Universidade do Estado de Minas Gerais-DCET. Av. Mário Palmério, 1001, Frutal-MG, CEP 38200-000
angelamiazaki@gmail.com

Venâncio Campos Silva

Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos. Av. Professor Roberto Frade Monte, 389, Barretos - SP, CEP:14783-226.
venancio_mg@hotmail.com

RESUMO

A erosão laminar, devido a sua característica peculiar, é dificilmente detectada por grande parte da população, principalmente nos estágios iniciais, havendo assim a necessidade do estabelecimento de práticas corretas de conservação do solo. A Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) busca estimar a perda de solo pela erosão laminar, considerando os fatores condicionantes da erosão. Contudo, existem fatores limitantes, inerentes da busca pela aproximação com a realidade, pois, a EUPS não considera a geometria das vertentes e aborda parcialmente a questão da extensão das vertentes, de grande influência no processo erosivo hídrico de superfície. Desta forma, o objetivo principal desta pesquisa foi aplicar sistemática de obtenção dos dados de comprimento de vertentes (Fator L), considerando como a dinâmica do escoamento superficial interfere nos resultados obtidos com a Equação Universal de Perda de Solo. Como área de estudo, foi selecionada uma bacia hidrográfica de um canal de segunda ordem, que banha a Floresta Escola do Instituto Hidroex em Frutal (MG). Os resultados obtidos indicaram que o Fator L influenciou sensivelmente nos dados, a técnica de obtenção dos dados de extensão de vertentes mostrou-se adequada, apresentando valores diferenciados do Fator LS (Fator Topográfico) ao longo da vertente, bem como a menor generalização dos dados.

Palavras-chave: Geomorfologia, Extensão de Vertentes, EUPS, Erosão Laminar, Fator LS.

ABSTRACT

The sheet erosion, due to its peculiar characteristic, is hardly detected by most of the population, especially in the early stages, so there is a need for the establishment of correct practices for soil conservation. Universal Soil Loss Equation (USLE) seeks to estimate soil loss by sheet erosion, considering the factors that influence in the erosion. However, there are limiting factors inherent in the quest for rapprochement with the reality, because the USLE does not consider the geometry of the sides and partially addresses the question of extending the slope of great influence in the erosion of surface water. Thus, the main objective of this research was to apply systematic data collection length slopes (L Factor), considering the dynamics of runoff affect the results obtained with the Universal Soil Loss Equation. As the study area, we selected a watershed of a second-order channel, which bathes the Forest School Hydroex Institute in Frutal (MG). The results indicated that the L factor significantly influenced the data, the technique of obtaining data extension slopes was appropriate, with different values of LS Factor (Topographical Factor) along the slope as well as the lowest data generalization.

Keywords: Geomorphology, length slopes, USLE, sheet erosion, LS factor.

1. INTRODUÇÃO

Alvo de várias pesquisas, a erosão mostra-se como um importante processo modelador do relevo, no entanto com o advento das atividades humanas principalmente na área rural, é cada vez mais frequente a problemática da erosão acelerada.

O interesse público pela dinâmica erosiva tem, ainda que não suficientemente, alçado maiores patamares. Os gestores do poder público carecem, ainda, da utilização de tais pesquisas para o planejamento de suas ações.

Dessa forma, é importante o planejamento ambiental levando-se em consideração as características das vertentes, pois, as distintas formas de vertentes influenciam no escoamento hídrico superficial e o estabelecimento das atividades pode ser comprometido.

A aplicação de modelagem erosiva assume, assim, fundamental importância, pois, permite a previsão e prevenção de impactos ambientais. Nessa perspectiva, a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) tem sido amplamente utilizada e adaptada para as diferentes regiões do globo e surge como contribuição para o planejamento ambiental.

Atuando como fator fundamental da modelização, o relevo fornece os dados referentes às vertentes, como extensão e declividade, os quais estão inseridos na EUPS, como o Fator Topográfico (Fator LS, onde L refere-se à extensão e S à declividade da vertente). Assim, o foco principal deste trabalho foi aplicar sistemática de obtenção dos dados de comprimento de vertentes (Fator L), considerando como a dinâmica do escoamento superficial interfere nos resultados obtidos com a Equação Universal de Perda de Solo.

Para tanto, o presente trabalho baseou-se na metodologia desenvolvida por Pinheiro (2012), o qual desenvolveu estudo sobre a perda de solo, considerando a modelagem erosiva (EUPS), utilizando a experimentação em campo, analisando a interferência, nos resultados obtidos, da sistemática de obtenção dos valores de comprimento de vertentes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa aqui apresentada buscou na visão sistêmica o apoio teórico-metodológico para analisar as relações entre o meio físico e os dados obtidos com a aplicação da do fator topográfico da EUPS. A Teoria sistêmica permite, dessa forma, o estabelecimento das relações entre o conhecimento geomorfológico da área e os valores quantitativos fornecidos pela modelagem, contribuindo, portanto, na execução do trabalho, pois os resultados da aplicação do modelo devem ser correlacionados tendo em vista os fluxos de matéria e energia, evitando, deste modo, resultados discrepantes.

Nesta perspectiva Pinheiro (2011), ao compreender o relevo como sistema, afirma:

Compreende-se o relevo [...] (sistema morfológico) como um sistema aberto, pois necessita ser mantido por constante suplementação e remoção de material e energia para sua manutenção e preservação (Chorley, 1971). A energia é fornecida pelos agentes de erosão (Lal, 2001); a energia para causar a erosão hídrica vem inicialmente do impacto da gota de chuva (Wischmeier, 1962), aumentando quando a intensidade do escoamento é exacerbada pela declividade e pela quantidade de material transportado (Bertoni; Lombardi Neto, 2005).

Segundo Pinheiro (2008), a erosão acelerada, provocada pela ação humana, representa alteração na hidrografia (sistema em seqüência) e no relevo (sistema morfológico). A nova conjuntura (desequilíbrio), estabelecida por essa intervenção, provocará uma busca pelo equilíbrio, o que implicará em uma nova dinâmica de entrada e saída de energia e matéria.

Assim, a abordagem sistêmica é muito importante em Geomorfologia, pois, permite a busca da inter-relação dos fenômenos pesquisados. Seguindo essa perspectiva, na análise dos dados pesquisados, há um entendimento interligado dos fatores observados, ou seja, nenhum fenômeno pode ser considerado isoladamente.

Foco desta pesquisa, a erosão é um importante agente escultor do relevo a qual pode ser compreendida como um processo que ocorre em um sistema aberto, pois necessita de constante suplementação e remoção de material e energia para sua existência (Chorley, 1971). Desta forma, é essencial a dinâmica de entrada (*input*) e saída (*output*) de matéria e energia.

As alterações de natureza humana têm relação direta com a variação na quantidade de *input* e *output* no sistema. Nesse sentido, é importante a compreensão do sistema de processos-resposta, no qual todo sistema está em funcionamento através do processo, que é alimentado pela entrada de matéria e energia, mas também possui saída de matéria e energia. O *output* do sistema é a resposta do processo para o *Input*. Assim, qualquer alteração na entrada de matéria e energia altera o processo do sistema e, conseqüentemente, altera a saída de matéria e energia e, portanto, sua forma.

Os sistemas de processos-resposta podem ser influenciados por mudanças nos fluxos de matéria e energia, que ocorrem por força da natureza ou pela ação humana. Ou seja, pode haver, dependendo dos parâmetros envolvidos, a busca pelo controle ou minimização da resposta ao processo. Nesse sentido, Pinheiro (2008) afirma que:

Surgem então os sistemas controlados, que representam a atuação humana sobre os sistemas de processos-resposta (Christofoletti, 1979). Quanto maior é a intervenção antrópica, maior será a complexidade desse sistema. Trata-se da tentativa humana de utilizar e explorar a natureza, sendo que os resultados podem ser esperados ou acidentais. Os resultados acidentais geram impactos ambientais, de maiores ou menores proporções, muitas vezes irreversíveis. O terreno ocupado por uso agrícola, o reflorestamento por espécies nativas ou pela silvicultura pode ser considerado como um sistema controlado.

O presente trabalho realizou a quantificação das extensões das vertentes para inserção na UEPS, que foi proposta por Wischmeier e Smith (1965). No Brasil, a EUPS foi adaptada para as condições locais por Bertoni e Lombardi Neto (2005), que realizaram várias pesquisas nesse sentido.

Assim, a EUPS é expressa da seguinte forma:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Onde:

A = Perda média anual de solos;

R = Erosividade das chuvas;

K = Erodibilidade dos solos;

LS = Fator topográfico (declividade e comprimento da vertente);

C = Cultivo e manejo;

P = Práticas conservacionistas.

Esta equação é dividida em dois grupos de variáveis:

- RKLS: relacionados às características naturais da área em estudo e são considerados para análise do Potencial Natural à Erosão Laminar.
- CP: relacionados às formas de ocupação e uso da terra, derivados da interferência humana, auxilia na geração do mapeamento de perda de solos.

Para a elaboração da Carta do Fator LS foi necessária a criação das Cartas de Extensão de Vertentes e da Carta Clinográfica, também chamada de Carta de Declividade. Estas duas cartas foram cruzadas, em ambiente SIG, o resultado foi a geração da Carta de Fator Topográfico, que aponta as áreas mais suscetíveis à dinâmica erosiva, no tocante aos aspectos do relevo.

Primariamente foi necessária a criação da base cartográfica da área de estudo, para tanto, foi utilizado o software Sketchup para extração das curvas de nível, tendo em vista a pequena disponibilidade de material cartográfico e de maior detalhe para a região. Assim, apesar da limitação, inerente ao processo de extração das curvas, a equidistância das curvas de nível resultante (2 m) permitiu relativa qualidade do material.

Para a elaboração do mapa de Extensão de vertentes utilizou-se da metodologia descrita por Pinheiro (2012), a qual realiza a segmentação das vertentes em quadrículas, o que será discutido posteriormente nesse artigo, com valores crescentes em sentido à baixa vertente. Nesse âmbito, o local de estudo foi compartimentado em bacias e sub-bacias hidrográficas, mapeadas todas as formas de vertentes e divididos em quadrículas de 200 m. Esses procedimentos estão bem detalhados pelo autor supracitado.

Nos polígonos gerados foram traçados os caminhos de escoamento hídrico e calculadas as médias para cada polígono. Tal procedimento realizou-se através do AutoCAD, em seguida o arquivo foi exportado para o Spring, onde criou-se o banco de dados e novamente exportou-se o arquivo para o Idrisi, para o cruzamento dos dados e a reclassificação do mapa elaborado. O mapa Clinográfico ou de declividade, foi gerado pelo Spring e exportado para o Idrisi.

Após a elaboração destas duas cartas em ambiente AutoCAD (arquivo de extensão DWG) o arquivo resultante foi exportado (em extensão DXF versão R12) para o Spring e, então, novamente exportado (TIFF / GEOTIFF) para o Idrisi, no qual foi feito o cruzamento dessas duas cartas através do comando `oImage Calculator`, aplicando a fórmula proposta por Bertoni e Lombardi Neto (2005) que possibilita calcular, para o estado de São Paulo, os fatores LS conjuntamente:

$$LS = 0,00984 \cdot C^{0,63} \cdot D^{1,18}$$

Onde:

C = Comprimento de rampa em metros (Carta de Dissecação Horizontal);

D = Grau de declividade em porcentagem (Carta Clinográfica).

O resultado, do cruzamento das Cartas Clinográfica e de Extensão de Vertentes foi a geração da Carta do fator LS.

2.1. Área de Estudo

A área utilizada para a execução deste trabalho é uma bacia hidrográfica de um canal de segunda ordem, o qual banha a área da Floresta Escola, do Instituto Hidroex -Fundação Unesco, localizado em Frutal - MG (Figura 1).

O município de Frutal localiza-se na região oeste do Estado de Minas Gerais e de acordo com dados do IBGE a área total do município é de 2.427,0 km² com uma população de 53.474 habitantes. Na divisão administrativa de Minas Gerais suas terras estão na Região Administrativa do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.

Em relação às características físicas da área, o relevo de Frutal é, em geral, bastante plano ou suavemente ondulado, suas altitudes variam entre 500 e 600 m acima do nível do mar. O clima predominante na área de estudo é o tropical sazonal, de inverno seco e verão chuvoso. A cidade localiza-se na unidade geomorfológica do Planalto do Rio Grande no estado de Minas Gerais, que apresenta relevo residual de chapadões e morros testemunhos, que resistiram à dissecação.

O clima predominante na área de estudo é o tropical sazonal, de inverno seco e verão chuvoso. De acordo com Goodland e Ferri (1979) o clima apresenta uma estação seca bem definida, variando de três a quatro meses de duração, compreendendo os meses de junho, julho, agosto e boa parte de maio e setembro, nesse período as temperaturas são pouca coisa mais baixa que os demais meses. Os três meses mais úmidos são novembro, dezembro e janeiro, onde se concentram a metade da precipitação anual.

A Floresta Escola localiza-se na porção sul do município, em área marginal ao Rio grande, sua importância vem aumentando em função da maior frequência de pesquisadores em parceria com o Instituto Hidroex. Trata-se de um reduto de vegetação nativa em bom estado de conservação. O relevo local é suavemente ondulado, com algumas rupturas topográficas que indicam o desenvolvimento da erosão diferencial. Predominam as vertentes côncavas e convexas em detrimento às retilíneas, no setor leste prevalecem as vertentes de menor extensão, enquanto que as de maior comprimento localizam-se no setor oeste, assim, há discrepância do relevo, principalmente na margem direita do curso hídrico, base desse estudo.

Apesar da pouca disponibilidade de material para pesquisa o local possui grande potencial de desenvolvimento de pesquisas futuras, tendo em vista as parcerias de outras universidades que estão fomentando os estudos no local.

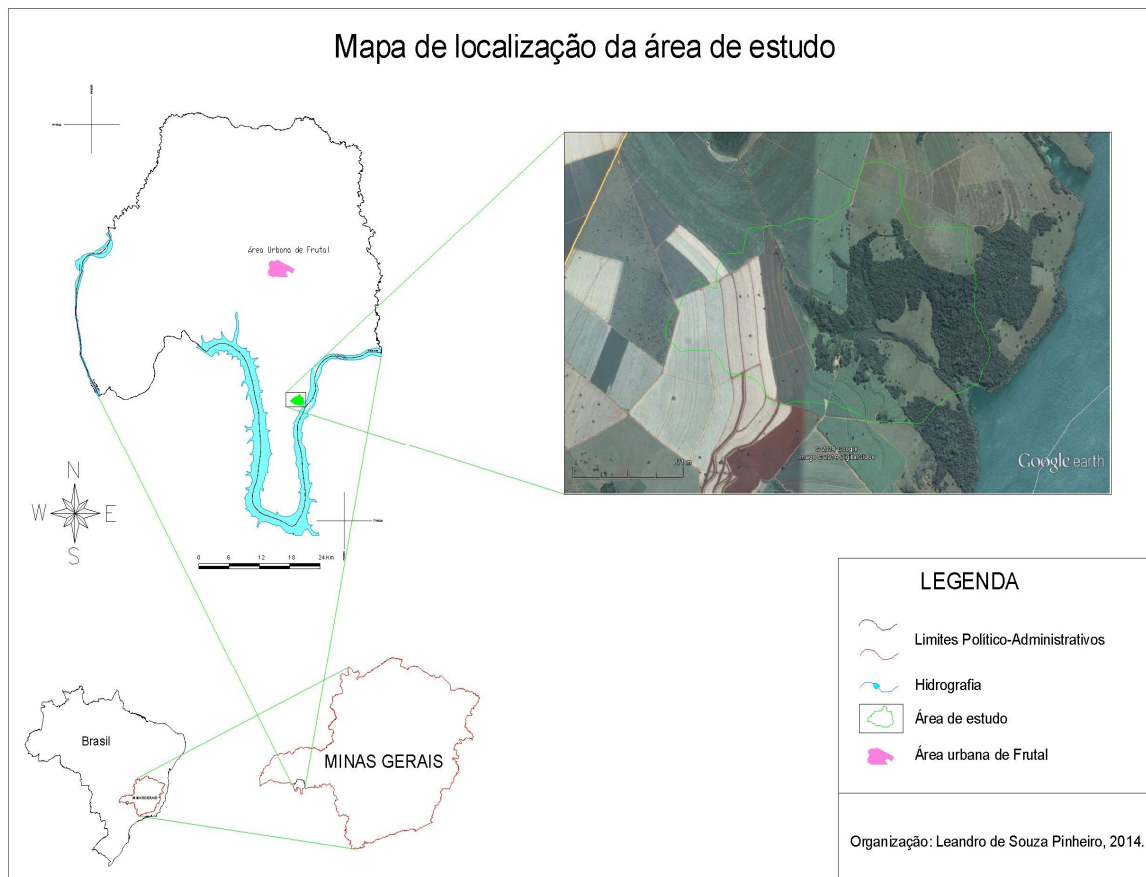


Figura 1 Localização da área de estudo. Elaboração: Pinheiro, L. S. (2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No cenário nacional, o escoamento superficial é preponderante na esculturação do relevo. Nesse aspecto, a análise do Fator LS recebe grande importância, pois, influencia diretamente nos fluxos de matéria e energia, fornecidos pelo escoamento superficial das águas pluviais, que vão condicionar a dinâmica erosiva no sistema vertente.

Notou-se que as maiores extensões de vertente localizam-se na margem direita e direcionada à alta bacia (Figura 2), com destaque para as vertentes côncavas que concentram o escoamento (Figura 3), potencializando a dinâmica erosiva. As maiores declividades localizam-se nas porções da baixa vertente, enquanto que na alta vertente prevalecem as baixas declividades.

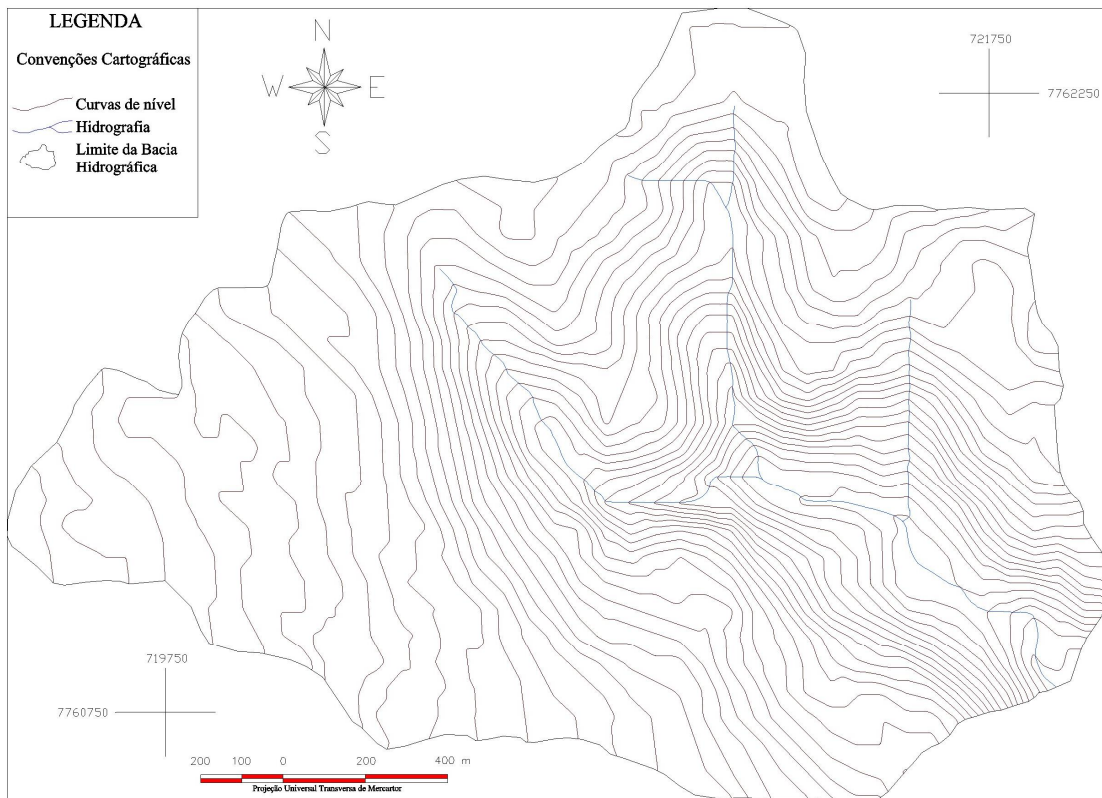


Figura 2 ó Carta Topográfica da Bacia Hidrográfica. Elaboração: Pinheiro, L. S.; Miazaki, A. S.; Silva, V. C. (2014).

Verificou-se ainda que no setor da alta bacia, a superfície foi muito alterada pela atividade agrícola, o que fez com que as curvas de nível extraídas não mantivessem um padrão uniforme.

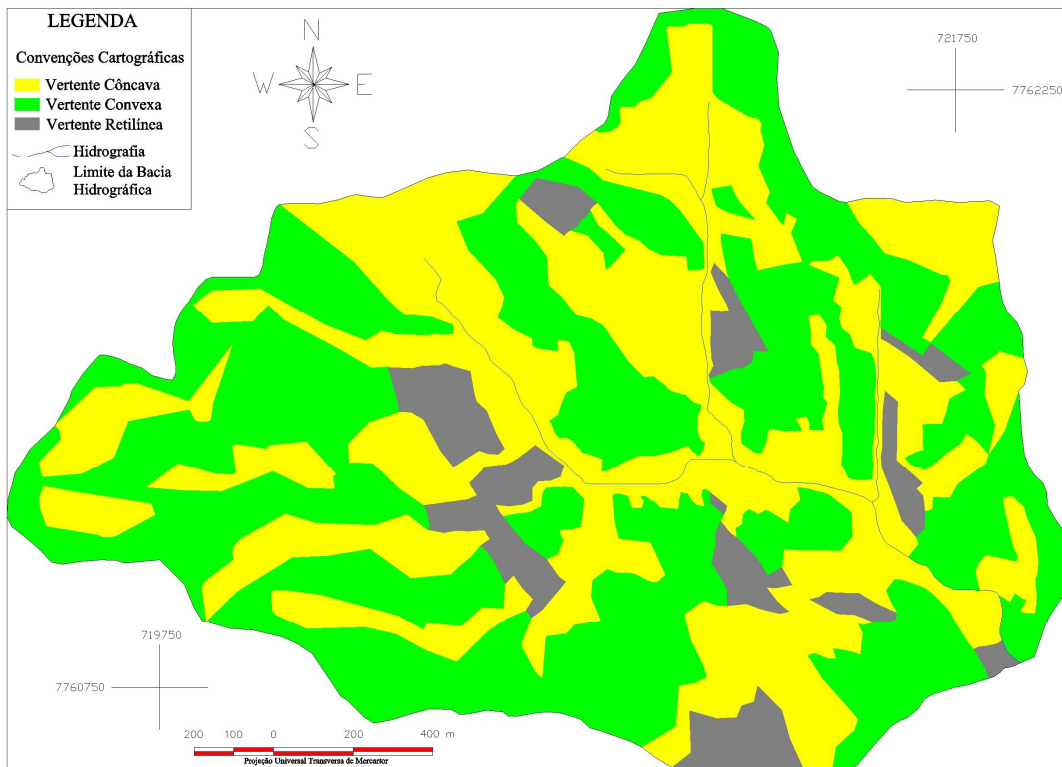


Figura 3 ó Carta de Formas de Vertentes da Bacia Hidrográfica. Elaboração: Pinheiro, L. S. (2014).

No tocante ao foco da pesquisa, Bigarella (2003) afirma que o escoamento superficial é o grande responsável pela erosão pluvial, porém, no início do processo não há energia suficiente para haver erosão, no entanto, o potencial erosivo aumenta vertente abaixo, influenciado pelo aumento do comprimento da vertente e da inclinação da superfície.

No entanto, quando os dados são inseridos nos modelos erosivos os valores das extensões de vertente são realizados quantificando a distância entre a linha do divisor de água e a linha de drenagem, assim, a vertente é homogeneizada e considera-se que a erosão ocorre de igual maneira em todos os seus setores.

Bueno e Stein (2004) consideraram como valor de extensão da vertente toda distância entre a linha do divisor de água e a linha de drenagem, observando o caminho preferencial das águas como orientação para a quantificação da mesma. Arnoldus (1977), seguindo as idéias de Wischmeier e Smith (1978), afirma que o comprimento da vertente tem início no ponto onde começa o escoamento superficial, terminando quando o escoamento superficial verte para um outro canal hídrico ou para uma área de sedimentação, encerrando o escoamento. Essa linha de raciocínio é utilizada, de maneira geral, pela grande maioria dos pesquisadores, para determinação do fator referente ao comprimento da vertente.

Pinheiro (2012) avançou nesse sentido ao segmentar as vertentes para a quantificação de sua extensão. Ressalta-se que a proposta da divisão da vertente em setores e posterior quantificação se aplica apenas para a inserção dos dados nos modelos, pois, ao ser inserido um único valor para uma mesma vertente considera-se que os dados erosivos referentes àquele valor também se aplicam igualmente na alta e baixa vertente.

Notadamente a inclinação da vertente possui grande influência no potencial erosivo, pois, aumenta substancialmente a energia do escoamento superficial, que é acelerado pela gravidade. Porém, no tocante ao comprimento das vertentes, apesar de sua reconhecida importância na análise erosiva, observa-se, na literatura referente ao uso da EUPS, que as extensões de vertentes são superestimadas na maioria dos trabalhos.

Segundo Pinheiro (2012):

Diversos autores consideram como valor de comprimento da vertente toda distância entre a linha do divisor de água e a linha de drenagem. Métodos automáticos de geração do comprimento da vertente fornecem valores únicos de extensão da vertente, o que compromete a confiabilidade dos dados inseridos no modelo EUPS. Desta forma, a vertente, ao receber valor de Fator L que não diferencia seus segmentos, irá gerar, na EUPS, valores superestimados de estimativa de perda de solo, principalmente nos setores de alta vertente, onde prevalece a infiltração face ao escoamento hídrico superficial.

De grande contribuição para a temática erosiva, Bertoni e Lombardi Neto (2005) verificaram que a perda de solos na vertente ocorre de maneira diferenciada em sua extensão, assim, há menor perda de solos na porção inicial em detrimento às porções inferiores, condicionando maior fluxo de escoamento e mais energia cinética.

Para Tánago (1991), é notória a existência de uma zona de menor erosão nas partes altas da vertente, a ocorrência de fenômenos erosivos de maior intensidade na parte média e a sedimentação dominante na parte mais baixa, onde predominam as baixas declividades. A autora ainda afirma que a aplicação do Fator LS, componente da EUPS, é muito subjetiva e podem ocorrer erros.

Assim, a Carta do Fator LS gerada neste trabalho (Figura 4), seguindo a metodologia proposta por Pinheiro (2012), apresentou dados satisfatórios, onde os valores mais elevados localizam-se nas porções das baixas vertentes, onde o escoamento superficial possui mais energia. A declividade exerceu papel preponderante também, pois, as maiores declividades localizam abaixo da linha de ruptura topográfica na média vertente nos dois lados do canal fluvial.

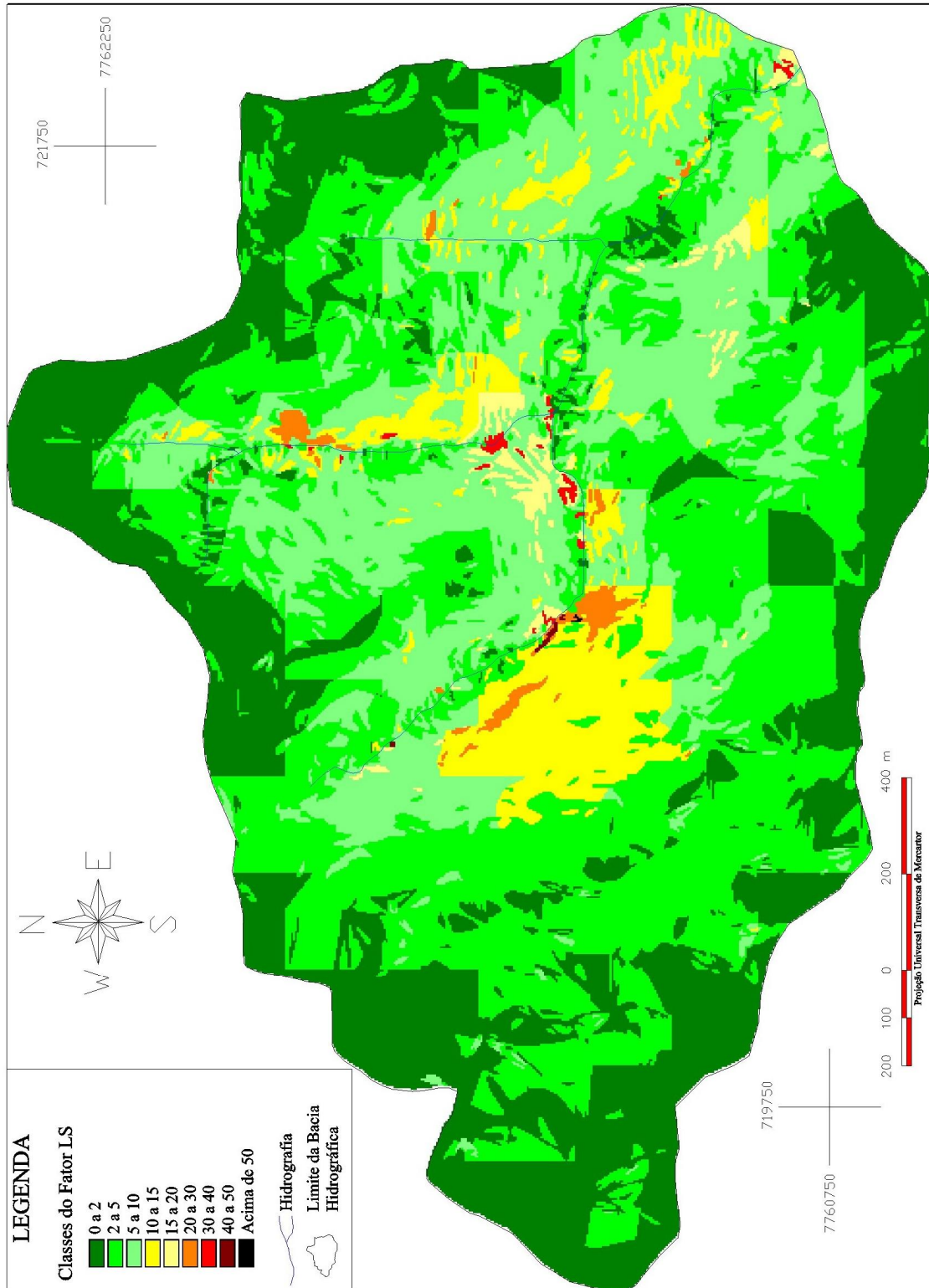


Figura 4 6 Carta do Fator LS da Bacia Hidrográfica. Elaboração: Pinheiro, L. S. (2014).

Verifica-se, na Figura 4, que nos topos de interflúvio estão os valores mais baixos do Fator LS. Apesar dos valores serem adimensionais, servem como parâmetro de comparação entre os diferentes setores da bacia. No entanto, apesar de prevalecerem os valores mais baixos, conforme se verifica na Tabela 1, todos os valores são elevados, tendo em vista que valores superiores a 1,5 são considerados como significativos.

Tabela 1 - Proporção das áreas da bacia hidrográfica ocupadas pelas classes do Fator LS. Fonte: Pinheiro, L. S. (2014)

Classe do Fator LS	Área (%)	Área (ha)
2	29,13	90,65
5	36,78	114,45
10	25,04	77,94
15	6,94	21,61
20	1,15	3,58
30	0,72	2,26
40	0,20	0,61
50	0,04	0,11
60	0,005	0,01

Os valores menores do que 1 não foram ilustrados devido à pequena expressão areal, levando-se em consideração que quanto maior o número de classes, maior a dificuldade para elaboração da legenda, pois, a variação tende a diminuir e confundir o leitor.

A Carta do Fator LS apresenta detalhamento espacial da variação do valor de LS, fato este devido aos setores onde as vertentes são mais extensas. Neste setor, localizado na porção oeste da bacia, os valores aumentam da alta para a baixa vertente, essa perspectiva é coerente com o pensamento de Bertoni et al. (1972) que afirmam que:

O comprimento de rampa é um dos mais importantes fatores na erosão do solo. Entretanto, os dados são freqüentemente mal interpretados. Duplicando-se o comprimento de rampa, as perdas de solo são mais do dobro, porém a perda por hectare não é duplicada.

O autor supracitado alerta que a quantidade de solo erodido não pode ser generalizada para toda a vertente; não se deve fazer uma média por hectare dos dados quantitativos obtidos no final da vertente. Dessa forma, ao se considerar um único valor para toda a vertente, os dados do Fator L compreendem aqueles que seriam obtidos ao final da vertente.

Do exposto, registra-se que os dados ilustrados são menores em relação àqueles obtidos por outras técnicas de coleta da extensão das vertentes, pois, os valores do Fator LS variam, nessa situação, de vertente para vertente, mas não ao longo de uma mesma vertente.

Os avanços nesse raciocínio são importantes para que, no futuro, o trabalho de cálculo das extensões segmentadas das vertentes seja otimizado, pois, a elaboração do mapa de extensão de vertentes e o cálculo das mesmas demanda de muito tempo, já que é feito analogicamente, apesar do auxílio dos diversos softwares.

Outros progressos poderão ocorrer ainda para desenvolver as modelagens erosivas, como indicou Pinheiro (2012) a respeito da inserção de parâmetros como as formas das vertentes e a densidade da vegetação.

Apesar do presente trabalho apresentar apenas a Carta do Fator LS, pesquisas futuras serão realizadas, ainda, no sentido de aplicar os outros fatores da EUPS e assim, colaborar, com a pesquisa em dinâmica erosiva, bem como contribuir para o Planejamento Ambiental.

AGRADECIMENTOS

A UEMG - Unidade Frutal, pela estrutura e ambiente de trabalho e ao Instituto Hidroex, por auxiliar nos trabalhos de campo, principalmente na pessoa do Prof. Markus Gastauer.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnoldus, H.M.J. 1977. Prediction des Pertes de Terre par Erosion en Nappe et en Griffé. *In: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Aménagements des Bassins Versants. Cahier FAO: Conservation des Sols, V.1. P. 121-149.*
- Bertoni, J., Pastana, F. I., Lombardi Neto, F., Benatti Júnior, R. 1972. Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo, no Instituto Agrônomo. Campinas: Instituto Agrônomo. (Circular, n.20)
- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. 2005, Conservação do Solo. (5. ed.) Ícone, São Paulo.
- Bigarella, J.J. 2003. Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais. V.3, Ed. UFSC, Florianópolis.
- Bueno, C. R. P.; Stein, D. P. Potencial natural e antrópico de erosão na região de Brotas, Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum. Agronomy. Maringá*, v. 26, N. 1, 2004. pp. 1-5.
- Chorley, R. J. A. 1971, Geomorfologia e a Teoria do Sistemas Gerais. *Notícia Geomorfológica*, Campinas, v. 11, n. 21, p. 3 ó22,
- Goodland, R. J. A.; Ferri, M, G. 1979. *Ecologia do Cerrado*. Tradução Eugênio Amado. São Paulo: Ed. Da Universidade de São Paulo.
- LAL, R. 2001, Soil Degradation by erosion. *Land Degradation e Development*, p. 519-539,
- Pinheiro, L. S. 2008. Análise da Dinâmica Plúvio-erosiva na Bacia Hidrográfica do Córrego da Água Branca (SP). 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Pinheiro, L. S.; Cunha, C. M. L. 2011. A Importância da Geração do Fator Topográfico (LS) da EUPS para Modelagem Erosiva de Bacia Hidrográfica. *In: XIII Encuentro de Geógrafos de América Latina. San José, Costa Rica: 2011. Anais...* Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Pinheiro, L. S. 2012. A Dinâmica Erosiva na Bacia do Córrego Ibitinga ó Rio Claro (SP): uma Abordagem Empírico-Dedutiva. 2012. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Tánago, M.G. La Ecuación Universal de pérdidas de suelo: Pasado, presente y futuro. *Ecología. Madri ó Espanha. V. 5, 1991. P. 13-50.*
- Wischmeier, W. H. 1962, *Storms and Soil Conservation. Journal of soil and water conservation. Vol. 17, p. 55-59,*
- Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. 1965. Predicting Rainfall-Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains: Guide for selection of Practices for Soil and Water Conservation. EUA. Washington: Department of Agriculture: Agric. Handbook, n. 282.
- Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning. EUA. Washington: Department of Agriculture: Agric. Handbook, n. 537.

VULNERABILIDADE AOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAUAMÉ EM DECORRÊNCIA DA EXPANSÃO URBANA E USO PARA LAZER EM SUAS PRAIAS

VULNERABILITY TO ENVIRONMENTAL IMPACTS OF RIVER BASIN AS A RESULT OF CAUAMÉ URBAN EXPANSION AND RECREATION FOR USE AT ITS BEACHES

Juliana da Silva Oliveira
Lab. de Métricas da Paisagem, Dep.Geografia, UFRR
jul.silva_19@hotmail.com

Thiago Morato de Carvalho
Lab. de Métricas da Paisagem, Dep.Geografia, UFRR
thiago.morato@ufr.com

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo caracterizar temporalmente o uso e cobertura da bacia hidrográfica do rio Cauamé, no ano de 2014 e análise visual para 1943 e 1975, para identificar as vulnerabilidades sócio-ambientais com base no padrão de uso destinado ao lazer nas praias do rio Cauamé. As etapas metodológicas foram baseadas em técnicas de sensoriamento remoto/geoprocessamento que foram utilizadas para a classificação do uso e cobertura da terra, perfil longitudinal, declividade e hipsometria; idas a campo, para a identificação dos pontos vulneráveis a impactos ambientais e sua caracterização. A bacia foi compartimentada com base em critérios geomorfológicos em três divisões: alta, média e baixa bacia as quais representem o alto, médio e baixo curso do rio Cauamé. Esses três compartimentos foram segmentados em quatro tipos de padrões de drenagem: retangular, paralelos, dendríticos e sub-dendríticos. Foram caracterizadas seis praias para o lazer: Praia do Caçari, Praia da Polar, Praia do Curupira, Banho da Ponte, Banho do Caranã e Banho da Cachoeirinha. Os resultados desta pesquisa ajudarão a traçar o perfil do meio físico, como o padrão de uso e cobertura da bacia do rio Cauamé, e servir de base para a caracterização das áreas destinadas ao lazer e seus respectivos impactos ambientais. Informações importantes para o gerenciamento/planejamento urbano e de áreas úmidas, assim como compor bases iniciais do entendimento dos aspectos hidrogeomorfológicos de Roraima.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica do rio Cauamé, Boa Vista, vulnerabilidade, praias.

ABSTRACT

This research aimed to characterize the land use and land cover of Caumé drainage basin, in 2014 and visual analysis for 1943 and 1975, to identify the socio-environmental vulnerabilities based on the use pattern for leisure on the beaches of the Cauamé river. The methodological steps were based on remote sensing/geoprocessing, that were used for the classification of land use and land cover, longitudinal profile, slope and hypsometry; field analysis, to identify vulnerable to environmental impacts and its characterization points. The basin was compartmentalized using geomorphological criteria into three divisions: high, medium and low basin, which represent the high, middle and lower course of the Cauamé river. These three compartments have been segmented into four types of drainage patterns: rectangular, parallel, dendritic and sub-dendritic. Six beaches for recreation were characterized: Praia do Caçari, Praia da Polar, Praia do Curupira, Banho da Ponte, Banho do Caranã e Banho da Cachoeirinha. The results of this research will help to characterize the physical profile environment, such as the pattern of land use and coverage of the Cauamé drainage basin, and serve as a basis for the characterization of areas for leisure and their environmental impacts. Important for the management and urban planning of this wetland, as well as composing original bases for understanding the hydrogeomorphological aspects of Roraima.

Keywords: Cauamé drainage basin, Boa Vista, vulnerability, beaches.

1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa visa caracterizar temporalmente o uso e cobertura da bacia hidrográfica do rio Cauamé para o ano de 2014, e análise visual do entorno da cidade de Boa Vista, Roraima, para os anos de 1943 e 1975, possibilitando identificar as vulnerabilidades socioambientais com base no padrão de uso nas proximidades da planície aluvial do rio Cauamé, principalmente com relação às áreas urbanizadas de Boa Vista. Essa problemática se deve à expansão urbana, que têm acarretado a ocupação irregular em áreas consideradas de risco e áreas de preservação permanente (APP), como planícies fluviais e lagos da planície de aplainamento do lavrado, do entorno de Boa Vista, nordeste de Roraima.

O rio Cauamé é afluente da margem direita do alto rio Branco e drena a cidade de Boa Vista pelo seu flanco direito da planície por 18,7 km. Ao longo do perímetro urbano, além do uso habitacional em áreas de invasão, também se enquadra o uso destinado ao lazer, conhecidos popularmente como "banhos". Na região do baixo Cauamé, onde os depósitos aluvionares são mais significativos, são formações barras de pontal, conhecidas como praias, frequentadas por banhistas, em busca de lazer, principalmente aos finais de semana.

Caracterizar estes ambientes é fundamental para estabelecer padrões de vulnerabilidades ambientais, decorrentes do uso irregular e atividades de lazer, as quais favorecem impactos diretos ao meio ambiente como depósitos de lixo, lançamento de efluentes, compactação do solo e alteração na cobertura vegetal.

Alguns questionamentos foram levantados com intuito de verificar, se a expansão da cidade de Boa Vista está acarretando ações impactantes na planície do rio Cauamé, por exemplo: i) as áreas de risco a inundações têm aumentando no entorno do rio Cauamé? A resposta a esta pergunta pode ser devido à expansão urbana, favorecendo invasão em áreas de APP (ambientes de planície favorável a alagamentos); ii) O uso das praias para lazer (geoturismo) do rio Cauamé tem acarretado problemas ambientais? A resposta a esta pergunta pode ser que as praias do Cauamé tem se degradado com a poluição de lixo; instalação de bares, favorecendo lançamentos de esgoto diretamente no canal; iii) Houveram alterações consideráveis como desmatamento ao longo do Cauamé? Uma possível resposta a esta pergunta é que houve uma considerável alteração na cobertura vegetal (APP) da planície do Cauamé.

Seguindo a ordem metodológica, em primeiro momento foi definido o limite da bacia hidrográfica do Cauamé e compartimentado entre alta, média e baixa bacia, bases para posterior descrição fisiográfica e delimitação do alto, médio e baixo rio Cauamé, com base em critérios geomorfológicos. Foi possível comparar imagens da área de estudo para os anos de 1943, 1975 e 2014, para identificar as possíveis mudanças que ocorreram e as pressões que vêm ocorrendo ao longo do rio, em detrimento da expansão do perímetro urbano de Boa Vista. Após as análises do meio físico e questão da dinâmica do uso e cobertura da terra, caracterizou-se os tipos de praias do baixo Cauamé e seus aspectos de uso destinado ao lazer.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Localização da Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica do rio Cauamé, afluente da margem direita do alto rio Branco. Possui uma área de 3.159 km² e está situada na porção nordeste do estado de Roraima, abrangendo os municípios de Boa Vista e Alto Alegre (Figura 1).

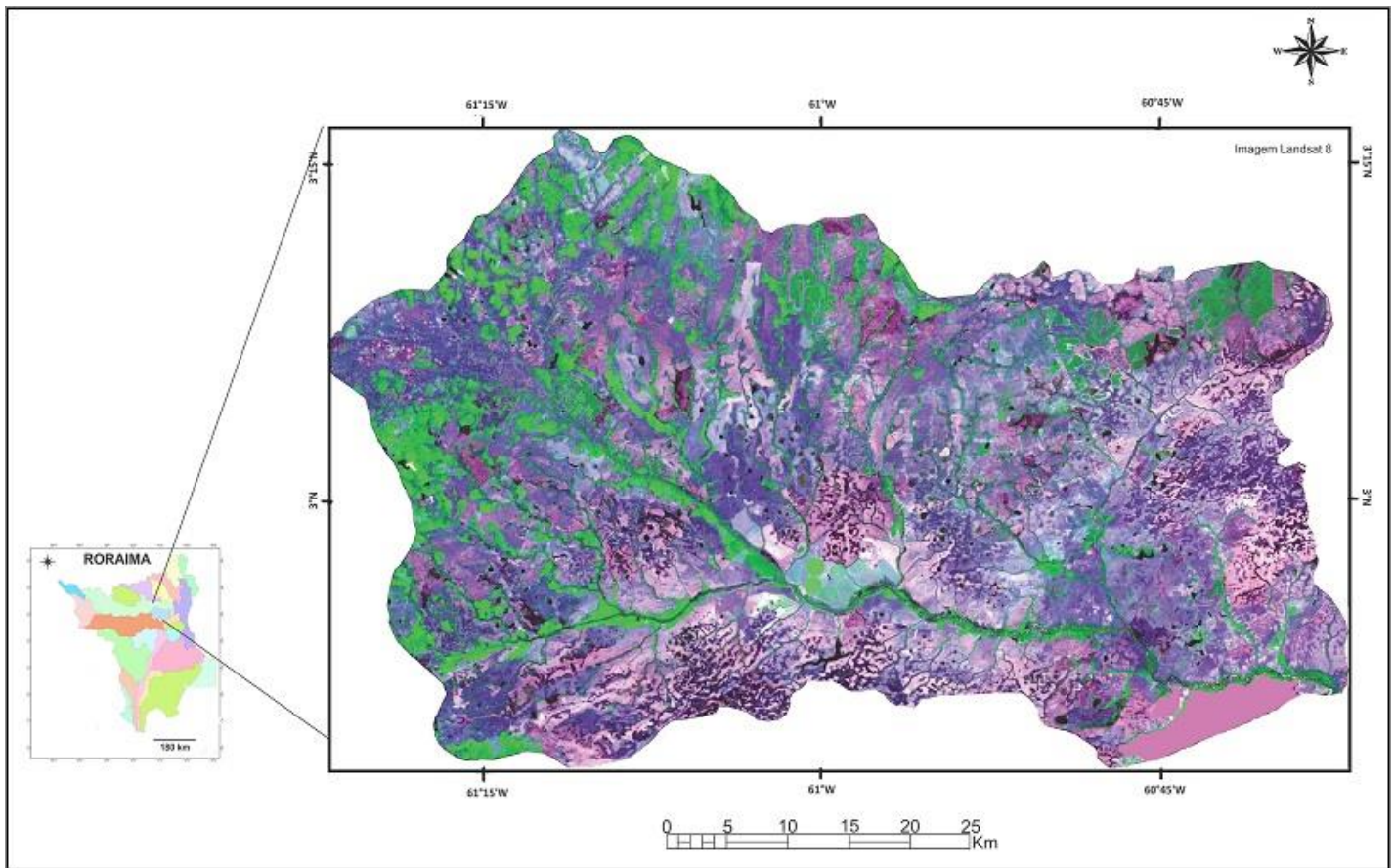


Figura 1 Localização da Bacia Hidrográfica do rio Cauamé, quadrante nordeste de Roraima, imagem Landsat 8 (OLI), 2014.

A bacia hidrográfica do Cauamé está inserida dentro do domínio do lavrado, região campestre que se estende pelo nordeste de Roraima, Guiana e Venezuela, por cerca de 65mil km². Em Roraima esta formação se estende por 43mil km², onde se desenvolve o sistema de drenagem do Cauamé, o qual é agente modelador desta extensa superfície de aplainamento, com predomínio de fraca dissecação, presença de formas residuais características da região, com serras isoladas, campos de blocos de matações e *tors* nos sopés das serras, e colinas suavizadas, denominadas de tesos (Carvalho e Carvalho, 2012a). Ocorrem também sistemas de veredas e sistemas lacustres inter-tesos, descritos por Morais (2014), com ilhas de mata entre formações arbustivas, a serras representativas são Taiano, Tabaió, Murupu e Nova Olinda, presentes no alto e médio Cauamé e proximidades de Boa Vista. Mais descrição do domínio do lavrado em Carvalho e Carvalho (2012a); Carvalho (2009a); Vanzolini e Carvalho (1991) e Veloso et al., (1975).

As áreas abaciadas, formando sistemas agradacionais, são ambientes inundáveis periodicamente, formados por veredas e lagos. Dentre os igarapés afluentes do rio Cauamé, destacam-se o Murupú, Au- au, igarapé Caranã, ocorrem também sistemas de buritizais em formações agrupadas, porém, somente nos terraços da planície aluvionar do Cauamé. Em nível regional, a bacia do Cauamé está inserida no sistema geomorfológico denominado de Pediplano Rio Branco-Rio Negro (Veloso et al., 1975), que trata-se de uma extensa superfície de aplainamento desde o nordeste de Roraima conectando-se com o rio Negro, ao longo da planície fluvial do rio Branco, porém com distintas formações morfológicas desde o ponto de vista da geomorfologia, quanto da ecologia. Restritamente à bacia do Cauamé, esta desenvolve-se sobre as rochas sedimentares da Formação Boa Vista, sedimentos incoesos, friáveis, com depósitos arenos (quartzarênicos).

O solo da área é formado por argissolo amarelo, alumínico, textura arenosa/média e latossolo amarelo, alumínico, textura média com potencialidade natural apenas regular para lavoura (Barroso, 2009).

A litologia possui dois contrastes: no baixo curso afloram rochas basálticas (Complexo vulcânico Apoteri) destacando-se a serra Nova Olinda e nas cabeceiras predominam metassedimentos (paragnaisses e

metacherts do Grupo Cauarane). Quanto às águas subterrâneas predominam o domínio intergranular (Sistema Aquífero Boa Vista) com produtividade bastante elevada, até 113m³/h (Barroso, 2009).

A cidade de Boa Vista é drenada pelo baixo Cauamé, por 18,7 km de extensão ao longo rio, situa-se a 85m, e apresenta um clima quente e úmido, com duas estações bem definidas (chuvosa e estiagem). A média para a estação chuvosa é de 230,85 mm/ano (Abril a Setembro), sendo Junho-Julho o período de máxima precipitação, média de 330 mm/ano. A estiagem ocorre entre Outubro a Março, com média de 44,98 mm/ano, os meses de menor precipitação são Janeiro-Fevereiro com 29 mm/ano, apresentando uma média pluviométrica anual de 1643 mm (dados analisados para o período de 1910 a 2010).

Com relação ao aspecto histórico do planejamento urbano da cidade, o qual ocorreu entre 1944 e 1946, realizado pelo engenheiro civil Darcy Aleixo Derenusson, correlacionado a um plano geopolítico estratégico na fronteira amazônica, o formato de leque das vias de acessibilidade da malha urbana, muitos correlacionam a formatos de cidades com traçado similar como Paris, Belo Horizonte, Goiânia, porém, o que verifica-se é que esse leque já era um traçado pré-estabelecido em Boa Vista. O formato de leque da cidade em comparação com demais malhas urbanas similares, trata-se de uma coincidência, a qual foi favorável ao planejamento das cidade, tratava-se de caminhos que já estavam estabelecidos, os quais direcionavam-se a diferentes pontos do rio Cauamé, e outros acessos adjacentes à cidade como a Caracaraí, Alto Alegre, o que pode ser observado na fotografia aérea de 1943 (Figura 2).

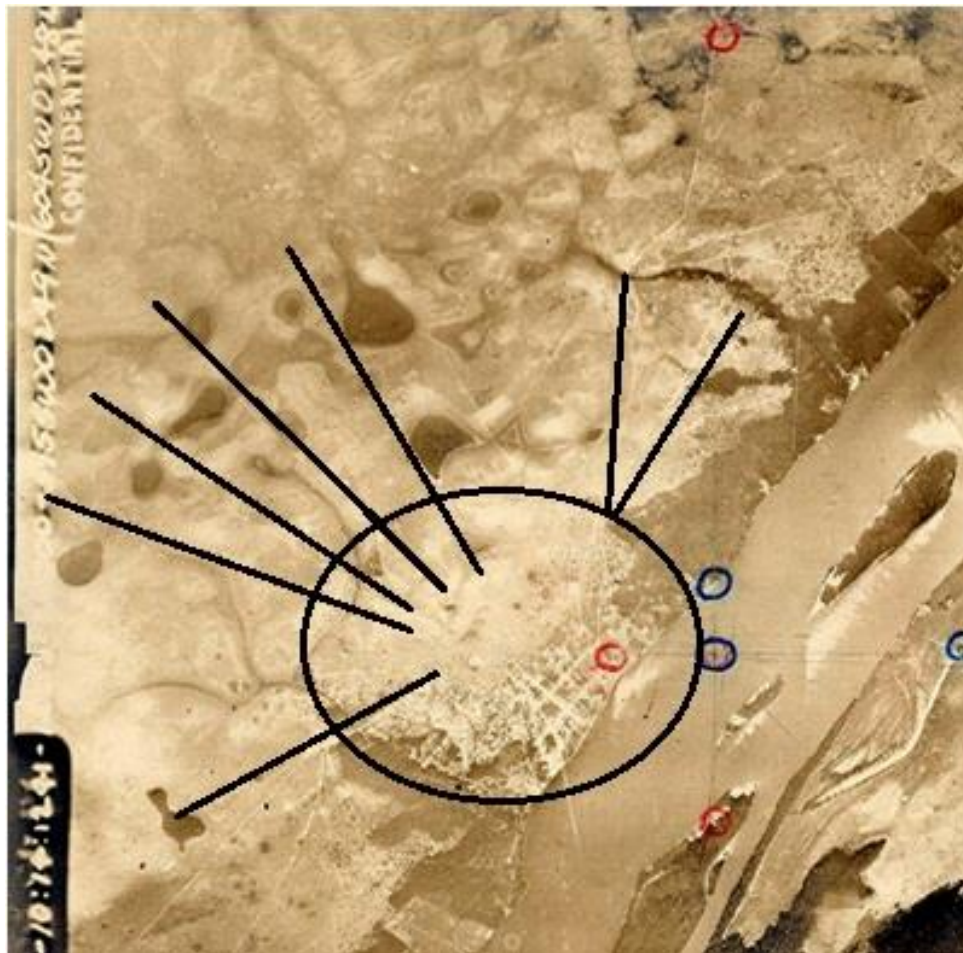


Figura 2 6 Fotografia aérea da cidade de Boa Vista, Roraima, ano de 1943 (USAF), com destaque em preto para o aglomerado urbano e os acessos já existentes em direção ao rio Cauamé, Caracaraí, Alto Alegre, Pacaraima. Fonte: Acervo MEPA/UFRR < <http://ufrr.br/mepa> >.

O rio Cauamé é margeado pelos bairros Caçari, Paraviana, Cauamé, Jardim Caranã, Cidade Satélite e mais recentemente pelo Monte das Oliveiras, o qual é resultante de ocupação por invasão. Os principais problemas ambientais que podem ser identificados ao longo do rio são principalmente a ocupação irregular, que são áreas de pressão; degradação ambiental ocasionada pela destruição das matas ciliares, poluição doméstica devido à falta de saneamento básico, e contribuindo para o aumento das áreas de vulnerabilidades, principalmente aos desastres por inundação.

2.2. Metodologia

Para caracterizar a bacia hidrográfica do rio Cauamé, foi necessário gerar alguns produtos, dentre eles o uso e cobertura da terra, pois é de fundamental importância identificar o uso e a cobertura para conhecer os elementos da paisagem, a qual pode ser classificada de acordo com o grau de intervenção humana.

O uso e cobertura da terra consiste em caracterizar a vegetação e demais elementos naturais que revestem o solo, e identificar de que forma o homem esta utilizando a área por ele ocupada (Morais e Carvalho, 2013), e a necessidade de se conhecer esses elementos consiste em identificar os pontos de pressão que vêm ocorrendo, tornando áreas vulneráveis, ocasionados pela ação humana. Este produto serve como ferramenta em criar estratégias de amenizar os danos causados pela ocupação do homem.

De acordo com Morais e Carvalho (2013) conhecer como estão relacionados e estruturados os elementos da paisagem (função, estrutura e dinâmica), é ferramenta crucial para a caracterização da cobertura do solo, bem como, os tipos de usos antrópicos que interferem nesses sistemas, identificar e interpretar os diferentes usos e tipos de cobertura de uma região, além de contribuir para os estudos da paisagem que o cerca, é o meio pelo qual podemos compreender sua dinâmica na escala espaço-temporal.

A dinâmica espaço e tempo, definem a evolução da paisagem e as modificações que a mesma sofreu, sejam por fatores naturais que atuam constantemente no modelado do relevo, hidrografia, vegetação, etc., seja na ação humana que é uma forte modificadora da paisagem. Algumas alterações podem não serem percebidas em um curto espaço temporal, podendo até ser consideradas como aparentemente estáticas, mas ao se comparar a paisagem em diferentes escalas temporais, serão identificadas as modificações ocorridas na paisagem.

Outros produtos gerados foram o perfil topográfico longitudinal e declividade que resultam do trabalho que o rio executa para manter o equilíbrio entre a capacidade e a competência, de um lado, com a quantidade e o calibre da carga detrítica de outro lado, através de toda a sua extensão. É importante que seja traçado o perfil topográfico longitudinal de um rio, pois ele mostra a sua declividade (gradiente), variável determinística para indicar o potencial energético, sendo útil para compartimentar o alto, média e baixo trecho do canal. Com relação ao perfil longitudinal do rio, em direção à jusante, há aumento proporcional da largura, da profundidade e da velocidade do fluxo, sendo variáveis relacionadas de forma direta, e uma relação indireta com a granulometria, a qual tende a diminuir sua textura, com classes de cascalhos e pedregulhos nas cabeceiras (montante), região de alto potencial energético (denudacional/erosivo), e baixo potencial energético no baixo trecho, com sedimentos finos (areia fina, silte/argila), com depósitos bem selecionados, principalmente as formações de barras de pontal do baixo Cauamé, áreas de praias utilizadas pelos banhistas.

A hipsometria é outra etapa importante na análise geomorfologia da bacia, produto o qual serve para analisar a distribuição da altimetria numa determinada região de interesse, permitindo classificar as diferentes categorias altimétricas em detrimento de um fatiamento vertical do relevo. Importante para definir sistemas de aplainamento, formações denudacionais e sua disposição areal.

Estes produtos citados acima foram base para elaborar a compartimentação da bacia em alta, média e baixa, suas características fisiográficas, e posterior compartimentação da rede de drenagem. A rede de drenagem esta diretamente relacionada às características estruturais/topográficas, litológicas, pedológicas e climática de uma região. Foi possível classificar os padrões clássicos de drenagem, em retangular: consequência da influência exercida por falhas ou pelo sistema de juntas ou de diáclases; paralela: os cursos de água escoam paralelamente uns aos outros; dendrítica: seu desenvolvimento assemelha-se à configuração de uma árvore, podendo haver dois "sub" padrão sub-dendrítico, o que caracteriza um baixo grau de densidade do padrão dendrítico e o sub-retangular.

A seguir descreve as etapas metodológicas e materiais necessários. A metodologia está baseada em técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, usuais e outras pouco difundidas no meio acadêmico (Carvalho, 2009b; Carvalho e Bayer 2008; Carvalho e Carvalho, 2012b; Carvalho e Ramirez, 2008; Morais e Carvalho, 2013). Estas técnicas foram utilizadas com apoio do Mepa (Laboratório de Métricas da Paisagem), dep. de Geografia/UFRR, com material disponível em seu banco de dados.

1. Descrição fisiográfica e compartimentação da bacia hidrográfica do Cauamé: a caracterização do relevo (fisiografia) foi realizada com base em modelos digitais de elevação onde foram gerados produtos como hipsometria (fatiamento altimétrico), perfil topográfico longitudinal e a declividade. Foram utilizados os programas ENVI versão 4.3 e Quantum Gis versão 2.4. As imagens utilizadas foram do Landsat 8 (OLI) de 2014 e modelos digitais de elevação da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Os procedimentos estão descritos a seguir:
 - i) Delimitação da bacia hidrográfica do rio Cauamé: Foi utilizada imagem da SRTM importante para visualizar o entalhamento da rede de drenagem, delimitar os divisores de água. Também foi utilizada a base vetorial da rede de drenagem, extraída dos modelos digitais de elevação da SRTM para o estado de Roraima, elaborada pelo Mepa, através de um modelo hidrologicamente correto, detalhes em <<http://ufr.br/mepa>>. A drenagem foi importante para auxiliar na delimitação da bacia hidrográfica, permitindo identificar direção do fluxo em detrimento dos divisores de água, condizente com a realidade, a figura 3 (A) mostra exemplo do limite utilizado pela CPRM/ANA e o real limite com base neste estudo. O limite da bacia foi vetorizado na escala de 1:150.000.
 - ii) Uso e cobertura da terra: Para caracterizar as classes de cobertura da terra como vegetação, campos e corpos de água, e o tipo de uso, áreas urbanas e lavouras, foram utilizadas imagens Landsat 8 (OLI), ano de 2014/Fevereiro (período de estiagem). Com a utilização do programa Envi 4.3 foi elaborado mapa temático de uso e cobertura da terra através do método de classificação supervisionada, que consiste num método que relaciona áreas da imagem com as classes de cobertura da terra que deseja separar. Ou seja, o analista, com conhecimento prévio da área ou por inferências, seleciona amostras das classes na imagem, que se deseja obter, chamadas de amostras de treinamento, conforme manual técnico de Uso e Cobertura da Terra (IBGE, 2006). Com a seleção de cada classe da imagem o programa irá correlacionar às informações dos pixels da imagem e assim agrupar os dados, identificando na imagem o padrão de comportamento espectral de cada pixel, utilizando-se de padrões estatísticos neste caso o método de Máxima Vero Semelhança, método mais usual para classificação supervisionada.
 - iii) Perfil Topográfico Longitudinal; Declividade e Hipsometria: esses produtos foram importantes para compartimentar a bacia hidrográfica do Cauamé em três trechos, definidos em alta, média e baixa bacia. Foi necessário caracterizar o perfil longitudinal do rio, importante para definir os pontos de quebra do gradiente do canal (*knickpoints*), método útil para identificar os trechos de transição entre o alto; médio e baixo rio Cauamé. Foi traçado o perfil ao longo do canal principal da nascente até a sua foz, com o rio Branco. O perfil foi feito com base nos modelos digitais de elevação da SRTM, utilizando o programa Envi 4.3, na função "*transect - profile*".
2. Para mapear as áreas vulneráveis devido à expansão urbana (o que tinha e como esta atualmente), suprimento da cobertura vegetal e lagos aterrados, foram utilizadas fotografias aéreas de 1943, levantamento aéreo da Força Aérea dos Estados Unidos, cedidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, e tratadas no Laboratório de Métricas da Paisagem (Mepa/UFRR); uso do complemento "*openlayers*" do Quantum Gis 2.4 para análise visual de imagens do GeoEye (2014), e através do programa Google Earth, sendo possível comparar para a região de Boa Vista, com a ferramenta imagens históricas os anos de 1975 e 2014, importante para identificar as alterações ocorridas em detrimento da expansão urbana. Foram identificadas e mapeadas as alterações, como lagos aterrados, supressão da vegetação de APP da planície do Cauamé; expansão urbana ocasionando áreas de pressão na margem do rio.

3. Mapeamento e caracterização das praias do baixo Cauamé: As praias do baixo Cauamé foram mapeadas e caracterizadas com base em imagens do GeoEye (2014) através do complemento "openlayers", utilizando a base de dados do "Google Satellite layer", sendo possível no programa vetorizar os limites das praias, calcular a área, verificar sua localização referente aos bairros de Boa Vista. Também foram realizados trabalhos de campo para o reconhecimento da área, registro fotográfico, caracterizar o ambiente, verificando possíveis problemas relacionados aos aspectos ambientais, como desmatamento, invasão, infraestrutura. Em campo, foram aplicados questionários, cuja finalidade foi conhecer o perfil dos frequentadores das praias. As idas a campo foram realizadas durante os finais de semana, com intuito de conciliar com os dias de maior atividade destes locais, entre os meses de abril e maio. As perguntas relacionadas ao questionário se referem ao perfil dos banhistas para saber qual o bairro proveniente desses frequentadores e a opinião deles a respeito das praias como área de lazer.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização Fisiográfica da Bacia de Drenagem do rio Cauamé

Com a utilização de técnicas de geoprocessamento/sensoriamento remoto e o auxílio dos programas citados na metodologia, alguns produtos a respeito da geomorfologia da bacia do rio Cauamé foram obtidos, os quais são descritos a seguir.

Com o produto hipsométrico foi possível caracterizar as diferentes classes altimétricas do relevo. Conforme pode ser observado na figura 3 (B), as cotas altimétricas da bacia variam ente 62 e 400 m, sendo que a área predominante encontra-se entre as cotas de 62-100 m, que estão inseridas no baixo e o médio Cauamé. Foi possível identificar as mudanças de gradiente longitudinal e dividir a bacia do rio Cauamé em três compartimentos, definidos em alta, média e baixa bacia ao longo dos 86,8 km de canal, desde a segunda ordem até a quarta ordem, em sua foz no rio Branco. Os compartimentos foram definidos conforme pode ser observado na figura 4 e posteriormente na figura 5:

1- Alta Bacia: Compartimento em que se encontram as nascentes do rio, possui uma área de 751,72 km², com altitudes entre 75m e 100m, com uma extensão do canal de segunda ordem de 22,35 km. Caracteriza-se por ambientes com maiores declividades, entre 2° e 5°, ou seja, ambiente favorável a processos erosivos (denudacional), com maior suscetibilidade a erosão laminar e linear, além de ser ambiente vulnerável a ação antróppica, por exemplo, devido à utilização do solo, como aragem por mecanização.

2- Média Bacia: possui 1.231,58 km² de área, com cotas altimétricas entre 62m e 75m, e extensão de 35,48 km de canal de terceira ordem. É característico deste compartimento o equilíbrio entre os sistemas denudacionais e agradacionais, os quais consistem em ambientes suscetíveis a erosão (denudacionais); e ambientes suscetíveis a processos de sedimentação (agradacionais), que recebem os sedimentos provenientes da alta bacia. Nesse compartimento concentram-se a maior quantidade de lagos, o relevo não tem energia o suficiente para escoar o fluxo, o qual fica estagnado em determinadas áreas planas, sendo os divisores de água formado pelos tesos (morfologia convexas/pequenas morros), cuja declividade varia de 0° a 1°, apresentando áreas também com declividade maiores, entre 1° a 5°.

3- Baixa Bacia: drena uma área de 1.175,76 km² cujo relevo caracteriza-se por uma extensa planície rebaixada (aplainada), com fraca disseção, presença de veredas lineares inter-tesos (canais de primeira e segunda ordem), e sistemas lacustres temporários, e formações de ilhas de buritizais em terraços da planície aluvionar. A cota altimétrica média é de 62m, com presença de serras e morros isolados na porção central, cujas cotas máximas são de 400 metros. O baixo Cauamé tem como principal processo o agradacional, menor capacidade de transportar os sedimentos, favorecendo maior taxa de deposição. O canal do rio é mais largo com uma média de 50 metros e 28,43 km de extensão em canal de quarta ordem, formando uma planície fluvial mais desenvolvida que no médio trecho, com largura média de 1 km. Neste trecho a principal característica morfológica do canal são as formações de meandro, com depósitos de areia (praias), formados por sedimentos de fundo, os quais são transportados e estabilizados nos trechos de convexidade do canal, o

índice de sinuosidade é de 1,61 (relação entre o comprimento do canal com o comprimento em linha reta entre os extremos). Estes depósitos apresentam como característica marcante as barras de pontal (barras fluviais) que são feições de deposição comuns em rios meandriformes. São estes depósitos do tipo barras de pontal utilizados para banhos, as praias do baixo Cauamé.

Com relação à compartimentação da rede de drenagem, podemos classificar a bacia do Cauamé em três padrões principais (Figura 5). O primeiro padrão é o paralelo os quais os cursos de água escoam paralelamente uns aos outros, ocorrem predominantemente na região da margem esquerda do alto e médio Cauamé, a qual tem um sistema homoclinal com caimento para o sul, em direção ao canal do Cauamé. Padrão retangular e sub-retangular, que se desenvolve na margem esquerda do baixo Cauamé, os quais se formam por consequência da influência exercida por um controle estrutural, formações de serras com médio controle estrutural, apresentando relevo com média dissecação; e o padrão dendrítico, característico da alta bacia, com maior densidade de drenagem de primeira ordem, formado pelas nascentes, e o sub-dendrítico ocorre predominantemente na margem direita da média e baixa bacia hidrográfica.

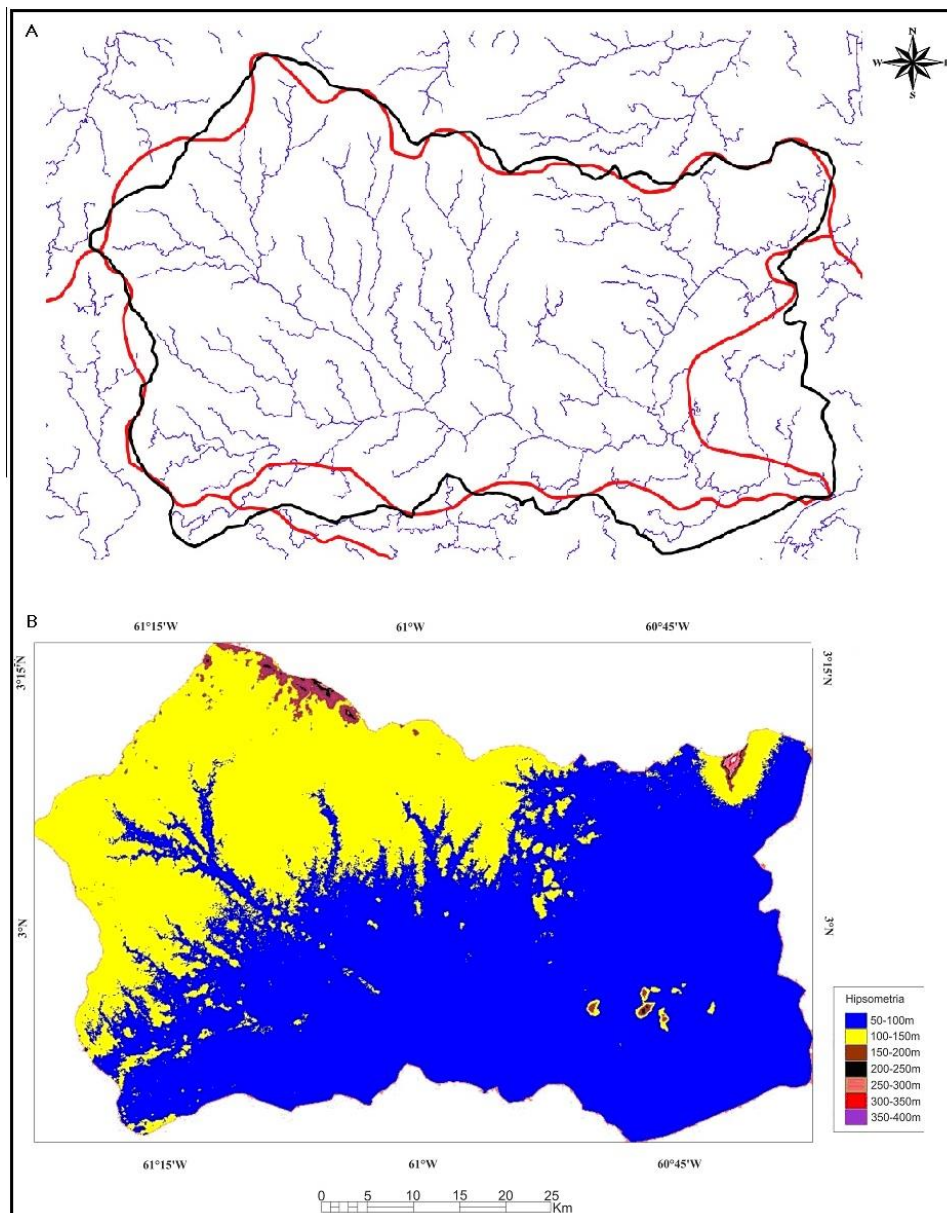


Figura 3 ó A) Detalhe da delimitação da bacia do Cauamé, em vermelho limite da CPRM/ANA em preto limite identificado neste estudo. B) Hipsometria da bacia hidrográfica do Cauamé, representado pelas classes de 50 a 400 metros.

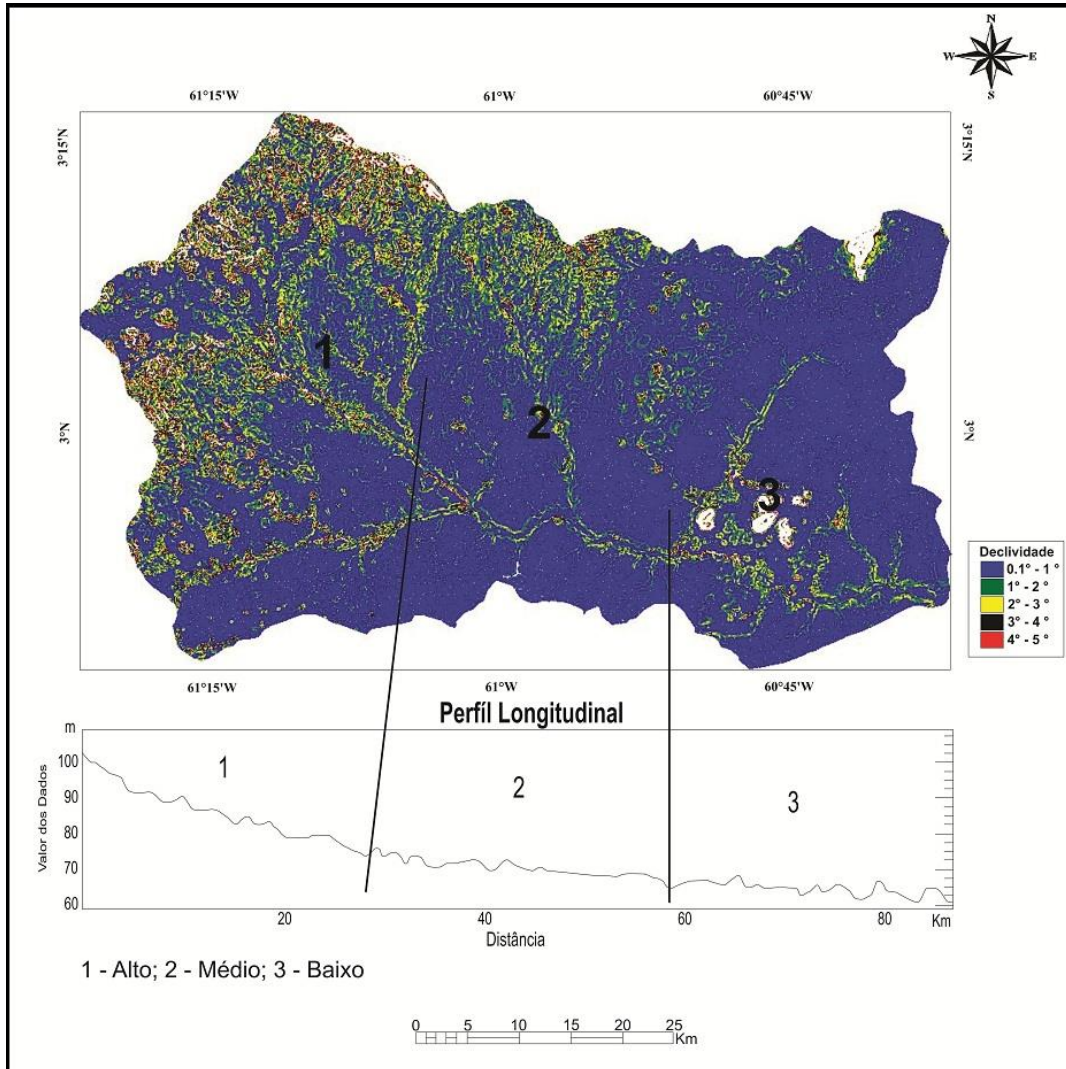


Figura 4 Variação da declividade da bacia hidrográfica do Cauamé e perfil topográfico longitudinal, compartmentado em alto, médio e baixo Cauamé, ao longo dos 86,8 km de extensão, considerando desde a formação de segunda ordem até a sua foz no rio Branco, trecho de quarta ordem.

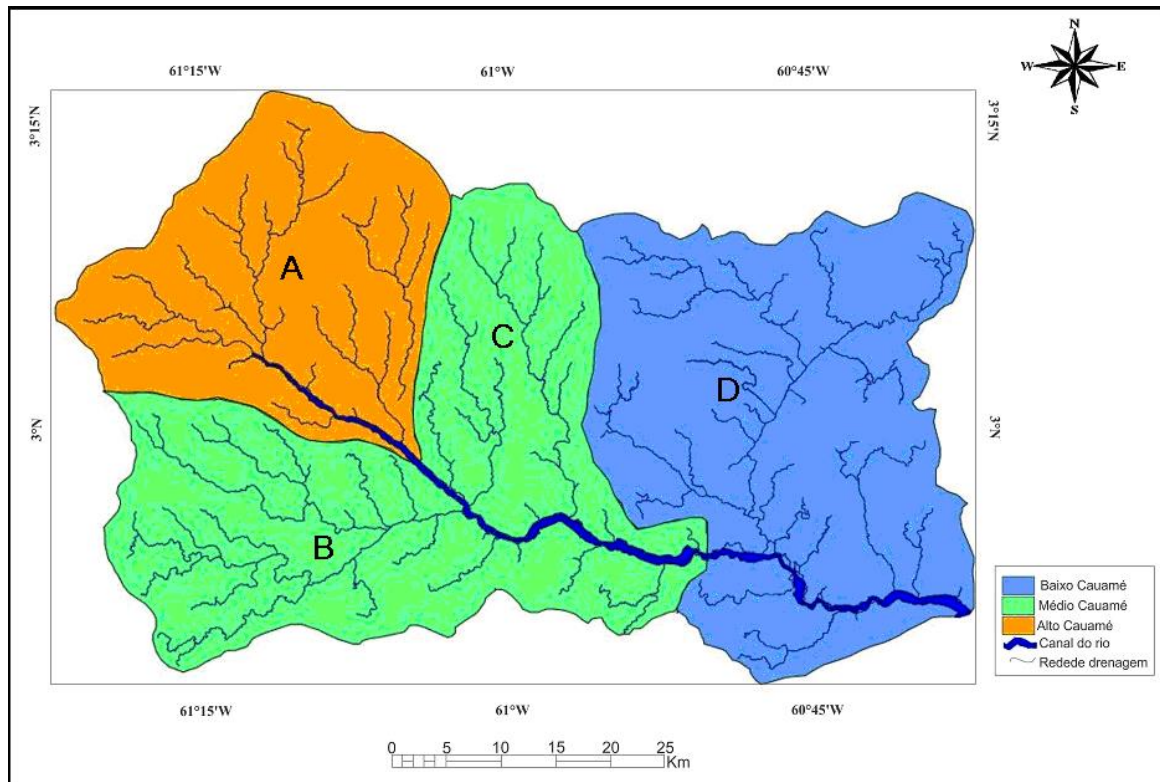


Figura 5 - Compartimentação alta, média e baixa bacia hidrográfica do Cauamé; e rede de drenagem: A) Dendrítico; B) Sub-dendrítico; C) Paralelo; D) Retangular.

3.2 - Uso e Cobertura da Terra

Foram identificadas as seguintes classes: vegetação, campos secos, campos úmidos, área urbana, lavoura e massa d'água. Pode ser observada na figura 6 e 7 a distribuição das classes, e quantidade de cultivos presentes na região, as quais são atividades que favorecem o desmatamento e a antropização do espaço natural e conseqüentemente impactos ambientais ao longo de sua planície fluvial.

O período avaliado foi o de estiagem, que ocorre entre Outubro a Março, neste estudo a imagem foi de Fevereiro de 2014. A vegetação representa 9,4% da bacia, presentes mais significativamente na alta e média bacia, e margeando o canal do rio, a vegetação é composta pelas ilhas de mata e aluvial. Verifica-se uma baixa porcentagem da classe massa d'água, com 0,6%, constituída pelo canal principal e sistemas lacustres. A classe predominante é a de campos secos e úmidos (lavrado), abrangendo 73% da bacia, destes 48% são de campos seco e 25% de campos úmidos (Figura 7).

Os 48% que representam os campos secos, estão distribuídos no baixo e médio Cauamé, os quais representam o lavrado da região, constituído por vegetação rasteira e arbustiva esparsa.

As áreas de campo úmido, que representam 25% da bacia, estão concentradas na alta e uma pequena porção na média e baixa bacia, isso devido à maior concentração de vegetação (ilhas de mata) e igarapés (veredas), afluentes do Cauamé. São ambientes susceptíveis a inundações periódicas dos igarapés (veredas), pois este sistema de drenagem possui maior densidade, e está em estreito contato com o canal principal.

Este ambiente permite com que haja uma constante troca de água entre as veredas, lagos e canal principal, que no período de estiagem retém uma parte da água nos sistemas lacustres permanentes ou temporários. A classe "urbana" é representada pela cidade de Boa Vista, margem direita do baixo Cauamé, com 14% representativa na bacia. A classe cultivo com 3% é representada pelas fazendas de irrigação, principalmente para orizicultura na região, as quais são as áreas de maior impacto na bacia, devido à mecanização.

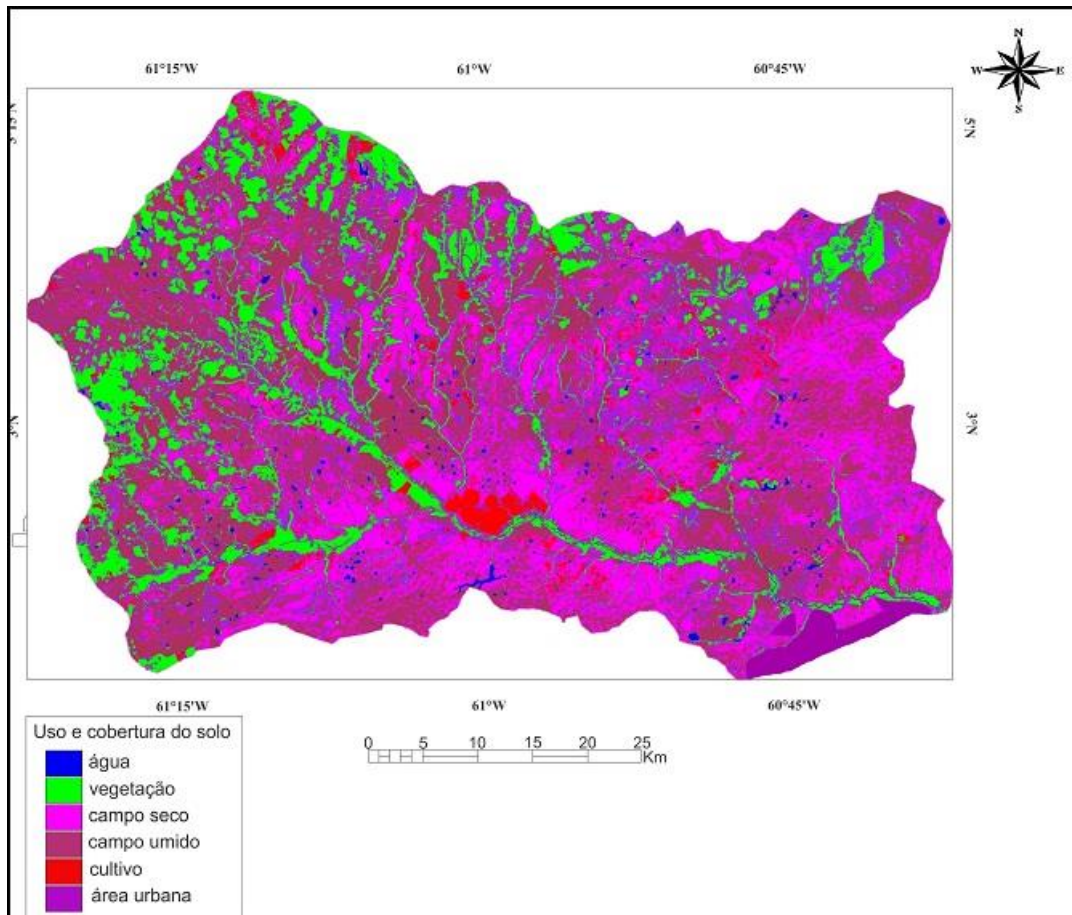


Figura 6 ó Uso e cobertura da terra: classificação supervisionada. Bacia hidrográfica do rio Cauamé, Roraima.

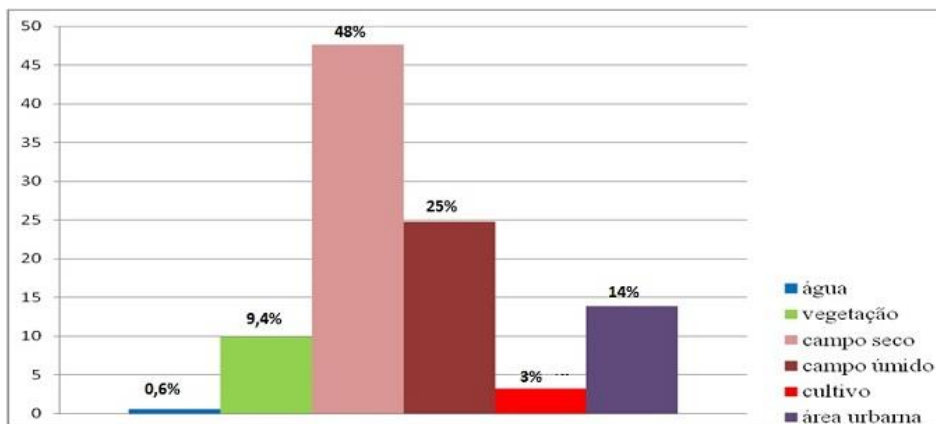


Figura 7 - Porcentagem da distribuição das classes de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Cauamé.

3.3. Áreas Vulneráveis da Bacia do Cauamé

O papel do homem é a variável fundamental para a análise de vulnerabilidade, uma vez que este tem a capacidade de alterar o meio, como uma força externa ao sistema natural, promovendo um rearranjo do equilíbrio dinâmico dos elementos da paisagem, em alguns casos acarretando ações desfavoráveis ao meio de vida de uma sociedade. Devido a ocupação realizada sem considerar a estrutura e funcionamento dos aspectos ambientais, sua dinâmica tanto na escala espacial quanto na temporal, pode causar graves problemas ambientais.

Os elementos em risco, sociedade e/ou estruturas físicas-bióticas, podem estar expostos de diferentes maneiras a uma mesma ameaça. Segundo Saito (2011), o aumento da vulnerabilidade em ambientes urbanos decorre não somente do crescimento sem precedentes das cidades, mas a pobreza crônica, da precariedade do acesso e da posse da terra urbana, da má administração, levando em investimento inadequado da infraestrutura urbana.

Com a expansão urbana da cidade de Boa Vista, podemos observar áreas vulneráveis a impactos ambientais, em detrimento das análises dos pontos de pressão aos sistemas naturais. Conforme pode ser observado na figura 8, a área urbana da cidade cresceu em direção a margem direita do rio Cauamé, acarretando no aterramento de lagos, devido a expansão urbana.

O igarapé Pricumã, observado no ponto 1 da figura 8, foi afetado com a expansão urbana, parte sendo aterrado e canalizado, com 2,13 km de extensão e 3,20 km não canalizado. Neste local ocorreu uma diminuição do canal, com a colmatagem de dois canais de 1ª ordem, margem esquerda do igarapé, e suprimento da vegetação em alguns pontos, com maior significância no lago de nascente (aterrado) e na vegetação de contato com a planície do rio Branco, onde houve extração de areia e garimpo. Foram identificados em Boa Vista 57 lagos ativos em 1943, destes 22 foram aterrados com a expansão urbana nas últimas décadas.

Na figura 9 foi realizado um comparativo entre as décadas de 40, 70 e período atual. Boa Vista em 1943, possuía uma área urbana estimada de 32,86 km², em 1975 houve um crescimento para 62,88 km², e em 2014 aumentou para 131,19 km². Em 71 anos ocorreu um aumento de 299,23%, estimativa de 4,21% de crescimento ao ano, com uma taxa de 1,39 km²/ano de crescimento urbano, acarretando uma pressão ao longo da planície do rio Cauamé.

A vulnerabilidade é acarretada pelo uso da terra e alteração em sua cobertura, fragilizando o ambiente, o qual possui uma suscetibilidade a certos processos naturais, principalmente os decorrentes de alagamentos por ação pluvial em trechos de lagos colmatados em Boa Vista, e os de ação fluvial, ao longo dos igarapés e planície como a do Cauamé, problema de ordem natural o qual é intensificado pela ocupação indiscriminada das áreas de proteção ambiental, por exemplo, áreas úmidas as quais são por lei de uso restrito, devido a convenção de Ramsar em 1971, a qual o Brasil é signatário.

No caso de Boa Vista, a região é naturalmente ambiente favorável ao estabelecimento de sistemas lacustres devido ao baixo gradiente do relevo e lençol freático raso (Carvalho e Carvalho, 2012a; Pinheiro et al., 2012). Estes impactos podem ser agravados por diversas ações, como efluentes domésticos, despejo de resíduos sólidos e orgânicos, invasão habitacional, desmatamento da APP, dentre outros (Figura 12).

Pode ser avaliado que os problemas gerados pelas rápidas mudanças na distribuição populacional são enormes e os reflexos socioambientais são notáveis como: a deficiência de moradia, degradação ambiental a ausência de serviços básicos como um todo. Esses fatores acarretam impactos ambientais na bacia do rio Cauamé e conseqüentemente mudança em sua dinâmica hídrica e geomorfológica.

Com relação ao impacto na vegetação aluvial, foi observado ao longo da planície do rio Cauamé, figuras 10 e 11, que a vegetação manteve-se praticamente inalterada ao longo dos anos (1943-2014), principalmente na margem esquerda do rio, a qual não é afetada diretamente pela cidade, porém, da mesma forma ao longo da margem direita do rio (adjacente à cidade) também podemos destacar que não houve alterações significativas. Na área urbana, o que se percebe de alteração na mata nativa é nas proximidades da margem direita, relativo ao desmatamento das ilhas de mata e veredas, principalmente no bairro Caçari, vegetação desconexa da planície fluvial.

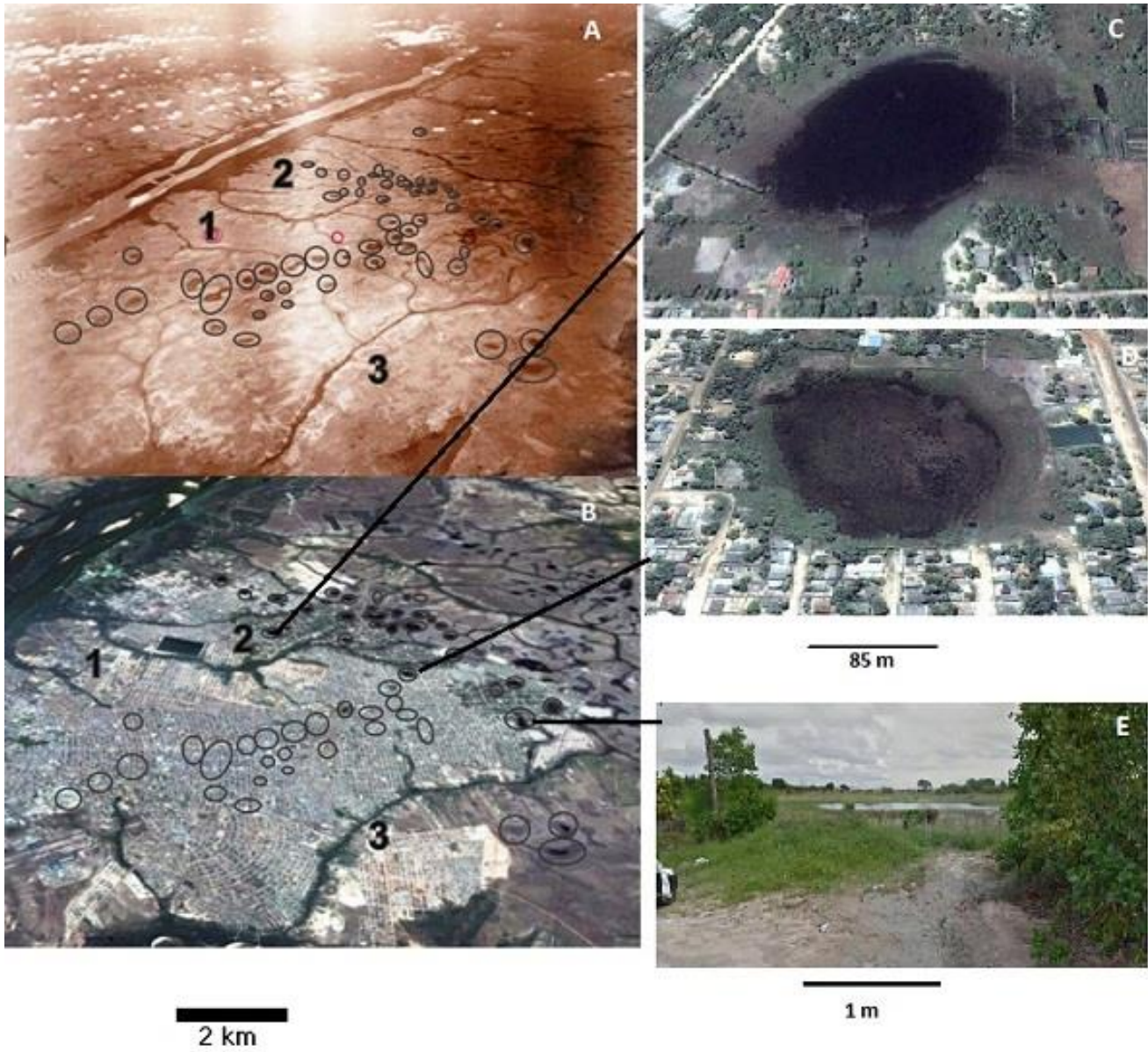
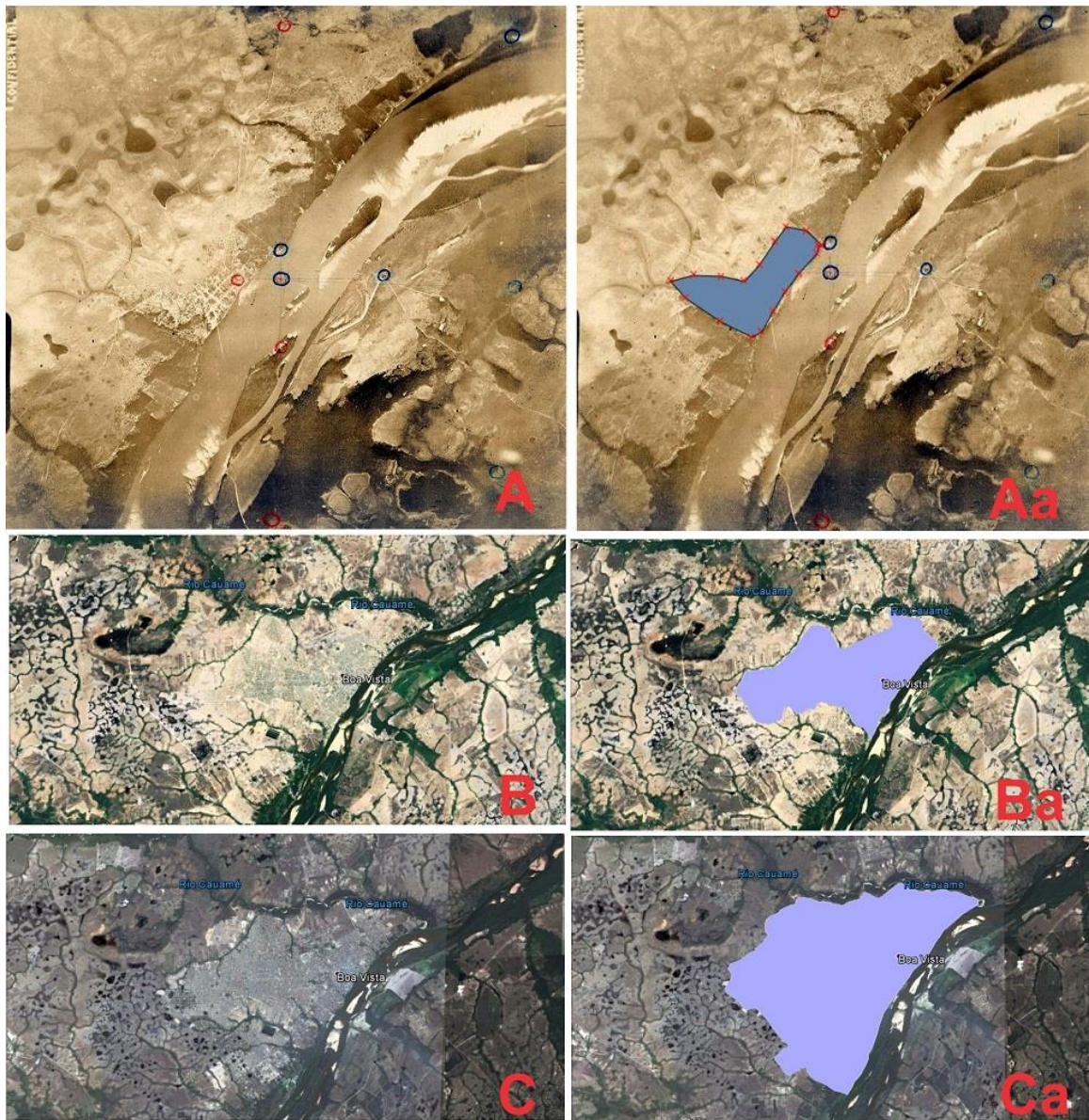


Figura 8 ó Comparativo: A ó fotografia aérea da cidade de Boa Vista, ano de 1943, com destaque para os lagos e igarapés: 1- Igarapé do Pricumã; 2- Igarapé Grande; 3 ó Igarapé Caranã. B ó Imagem GeoEye, 2014; C, D e E ó Imagens dos lagos ativos em área urbana. Fonte: Acervo Mepa/UFRR; Google Earth.



12 km

Fonte: Acervo Mepa/UFRR; Google Earth.

Figura 9 Comparativo entre as décadas de 40, 70 e 2014. A e Aa- Boa Vista 1943, com destaque para a mancha urbana com área de 32,86 km²; B e Ba- Boa Vista 1975, com destaque para a mancha urbana com área de 62,88 km²; C e Ca- Boa Vista 2014, com destaque para a mancha urbana que passou para 131,19 km². Em 71 anos ocorreu um aumento de 299,23%, estimativa de 4,21% de crescimento ao ano, com uma taxa de 1,39 km²/ano de crescimento urbano.

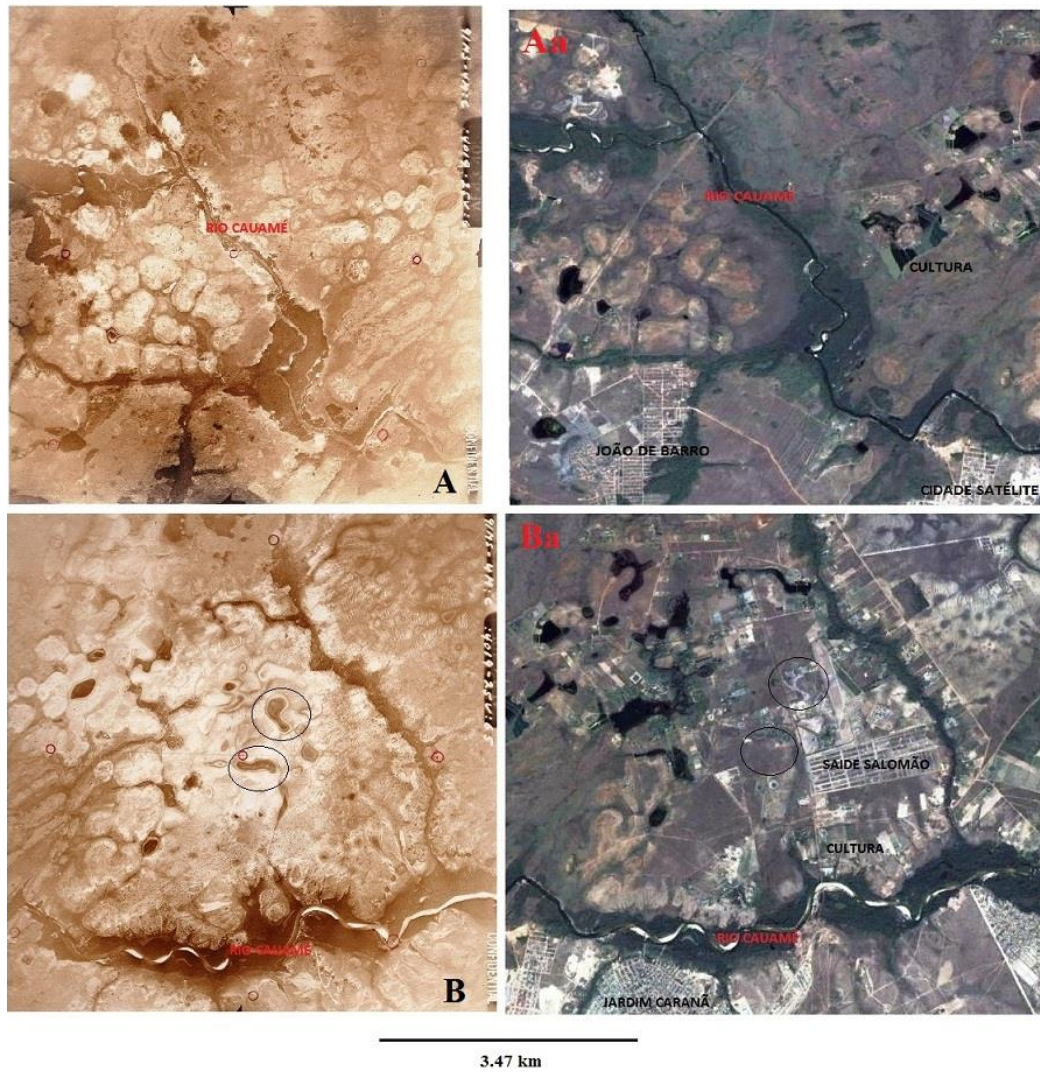


Figura 10 Comparativo entre de 1943 e 2014: A e Aa- Visão de parte do baixo Cauamé após o bairro Cidade Satélite; B e Ba ó Alteração da paisagem ao longo dos anos no sentido Ponte do Cauamé/BR174/Pacaraima. Fonte: Acervo Mepa/UFRR; Google Earth.



Figura 11 Comparativo entre de 1943 e 2014: A ó Fotografia aérea da praia do Caçari e vegetação nativa da década de 40; B- 2014 e a evolução na paisagem com destaque para alteração da vegetação de veredas e ilhas de mata, na área urbana. E vegetação aluvial (planície de inundação) inalterada. Fonte: Acervo Mepa/UFRR; Google Earth.



Figura 12 - Bairro Paraviana, zona urbana periférica de Boa Vista, planície fluvial do baixo Cauamé, cheia de 2011 (maior histórica). A) Casas irregulares, invasão em área de APP do Cauamé; B) Visão geral da foto A, vegetação aluvial indicando limite da planície do Cauamé.

3.4. Praias Fluviais: Localização e Descrição das Áreas de Lazer do rio Cauamé

As praias fluviais do baixo Cauamé são formadas a partir de processos deposicionais, ou seja, o trabalho do rio em depositar sedimentos de fundo, os quais são transportados e estabilizados nos trechos de convexidade do canal. As praias do rio Cauamé são frequentadas no período de vazante, período o qual ocorre o surgimento das barras de areia, criando um ambiente propício ao lazer.

Foram mapeadas seis praias em condições de uso, ao longo do rio Cauamé, as quais localizam-se no baixo curso, trecho cujo perfil longitudinal do rio caracteriza-se por uma baixo gradiente, favorecendo um padrão de canal meandriforme, e conseqüentemente a deposição de sedimentos de fundo, os quais dito anteriormente, constituem-se em praias, ativas somente durante o período de estiagem quando estão emersas.

A Prefeitura Municipal de Boa Vista criou a Lei Complementar nº 018 de 1974, que estabelece normas para o uso e ocupação dessas áreas de banho.

Conforme artigo 127 do Código de Postura do Município (Lei Complementar Nº 018, 1974) é proibido em balneários ou praias:

- Banhar animais;
- Retirar areia ou outro material que prejudique a sua finalidade;
- Armar barracas por mais de 24 horas ou fora dos locais determinados, sem prévia licença da Prefeitura;
- Fazer fogueiras nos matos ou bosques adjacentes;
- Lançar pedra, vidros ou outros objetos que possam causar danos aos banhistas;
- Danificar, remover ou alterar as cabines ou outros melhoramentos realizados pela Prefeitura;
- Praticar jogos esportivos que atentem contra a saúde e a segurança dos outros banhistas;
- Praticar esportes aquáticos, com barcos motorizados, nas áreas de maior frequência dos banhistas;
- Fica expressamente proibido às embarcações, motores e esquiadores nas praias e exibirem num raio de área de 500 metros de extensão a partir da praia.

Em visita a campo nas praias do Cauamé, observamos que algumas dessas proibições não são cumpridas nem fiscalizadas, como por exemplo, a presença de lixo nas áreas de banho, verifica-se também a presença de barcos motorizados no canal do rio e motos aquáticas.

A figura 13 identifica as praias mais frequentadas por banhistas em busca de lazer, na margem direita do canal, as quais localizam-se no baixo Cauamé, com uma média de distância entre si de 2,9 km, agrupadas ao longo de 14,6 km em trecho de área urbana, variando de 6.528 m² a 108.250 m², as quais foram classificadas por zonas urbanas (Norte e Oeste).

Na Zona Norte, localiza-se a Praia do Caçari com uma área de 108.250 m² na vazante máxima, a qual é frequentada por pescadores amantes, comerciantes e banhistas principalmente aos finais de semana. O local é de fácil acesso, pelo bairro Caçari. A 3 km a montante da Praia do Caçari, localiza-se a Praia da Polar, com uma área aproximada de 24.590 m² (vazante máxima). Possui três restaurantes/bares, frequentados pelos banhistas, porém, não há banheiros no local. O que acarreta no uso da mata aluvial, onde foi observado acúmulo de papel higiênico no local e despejo de lixo (garrafas plásticas; latas; vidro). A 2,4 km a montante da Praia da Polar, localiza-se a Praia do Curupira, local com entrada irregular, pouco frequentada por banhistas, localizada no bairro Paraviana. É um ambiente sem construção ou qualquer tipo de infraestrutura, com ruínas de um antigo bar, que segundo os banhistas, foi demolido em cumprimento a uma ordem judicial movida pelos moradores do local. Possui uma área de 19.020 m² (vazante máxima).

Na Zona Oeste da cidade, localiza-se a Banho da Ponte na BR 174, 2,6 km a montante da Praia do Curupira, com uma área de 61.630 m² (vazante máxima). É a praia mais frequentada aos finais de semana e feriados, principalmente no período de estiagem, com uma infraestrutura com restaurante e bar, com constante movimento e som ao vivo, possui sanitários disponíveis aos banhistas. A 3,6 km a montante do Banho da Ponte localiza-se o banho do Caraná, que leva esse nome devido estar situado no bairro Jardim Caraná, possui uma área de 22.510 m² (vazante máxima), esse ponto do rio Cauamé é a foz do igarapé Caraná; e a menor praia chamada de banho da Cachoeirinha, localizada a 3 km a montante do banho Caraná, no bairro Cidade Satélite com uma área de 6.528 m² (vazante máxima).

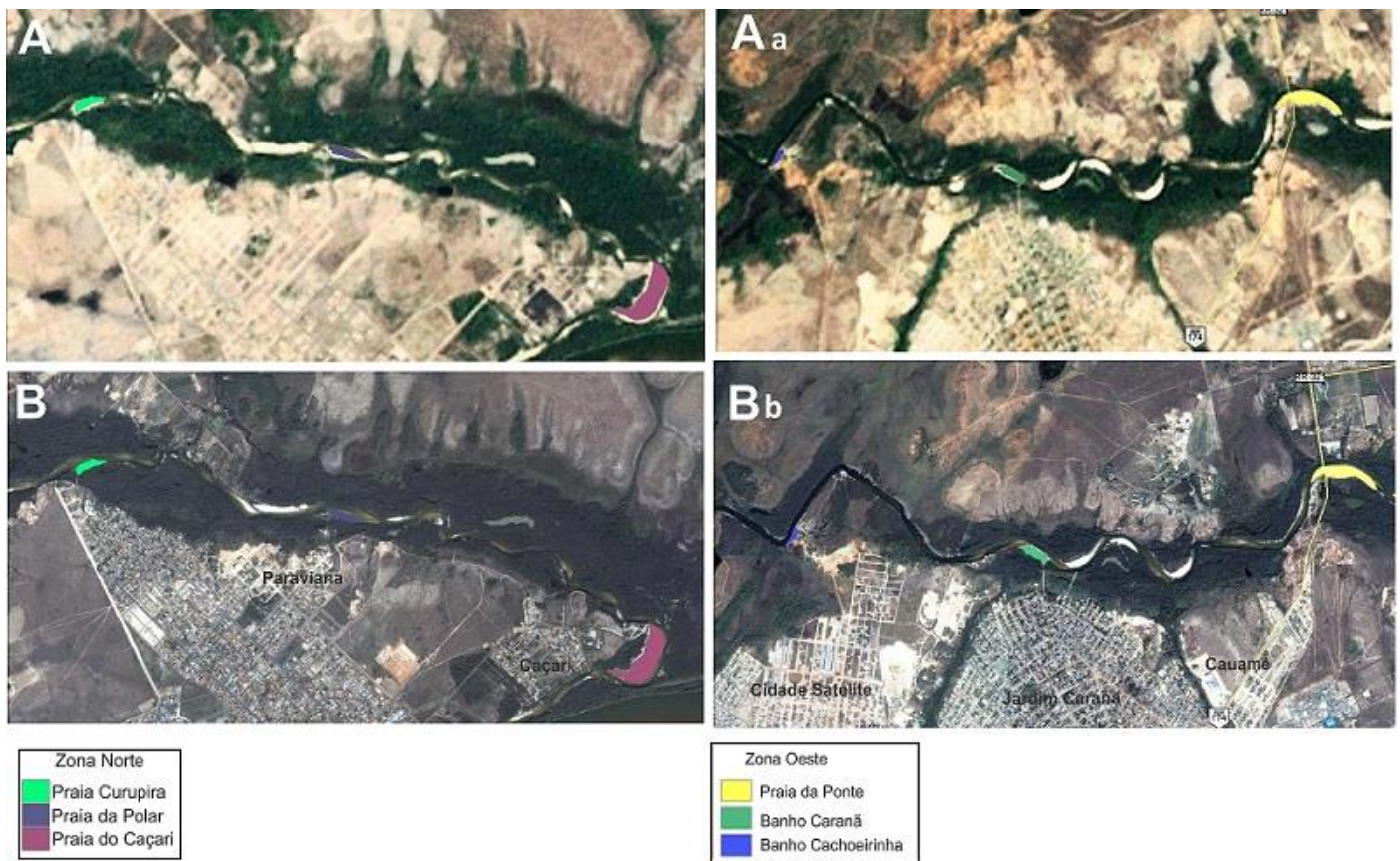


Figura 13 ó A e Aa- Imagem Landsat 1 de 1975 e B e Ba ó GeoEye de 2014: Localização das praias na Zona Norte da cidade e bairros circunvizinhos (Paraviana e Caçari). Zona Oeste da cidade e bairros circunvizinhos (Cidade Satélite, Jardim Caraná e Cauamé).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia hidrográfica do rio Cauamé é um ambiente com presença dos elementos característicos da paisagem do lavrado de Roraima, com ilhas de mata, veredas (buritizais), sistemas lacustres desconexos da planície fluvial, e que durante o período analisado, 71 anos, manteve-se significativamente inalterado. Sendo um ambiente propício para o lazer, devido as características morfológicas do canal, proporcionando na região do baixo Cauamé a deposição de material sedimentar, onde formam-se as praias para os banhos nas barras de pontal, com areias brancas com textura fina e média.

Com o uso de modelos de elevação da SRTM, corrigidos hidrologicamente pelo Mepa < <http://ufr.br/mepa> >, e a rede de drenagem extraída deste modelo, foi possível delimitar com melhor precisão a bacia hidrográfica e a compartimentação, seguindo critérios geomorfológicos, com base em técnicas de sensoriamento remoto/geoprocessamento, levando-se em consideração a divisão em três compartimentos: alta, média e baixa bacia, do mesmo modo o perfil do alto, médio e baixo rio Cauamé. Produtos importantes para a descrição fisiográfica da paisagem do Cauamé, servindo de suporte para o planejamento e gerenciamento territorial da área de estudo.

As áreas vulneráveis a ação antrópica encontram-se na margem direita do rio, no compartimento do baixo Cauamé, devido à expansão urbana que ocasionou a alteração do meio natural, como aterramento de lagos e desmatamento da vegetação nativa. Sendo estas tipologias vegetacionais não pertencentes a planície de inundação, como ilhas de mata e veredas, as quais identificou-se significativa alteração desde a década de 40. No entanto, a vegetação da planície fluvial, manteve-se relativamente inalterada, o que inicialmente parecia

ser uma contradição. No alto e médio Cauamé, houve alteração na vegetação não pertencente a planície de inundação, porém, com menor intensidade com relação ao baixo Cauamé, trecho de expansão de Boa Vista. Da mesma forma que no baixo, não foi observado mudança significativa na vegetação da planície fluvial, constatado através das fotografias aéreas de 1943 e imagens de satélites atuais (2014).

O rio Cauamé, como bem explanado, é um ponto importante no cenário urbano da cidade de Boa Vista, por se tratar de um ambiente favorável a formação de praias fluviais. A estação seca e chuvosa tem uma grande importância na dinâmica do rio. No período, de estiagem, a formação das praias é bem marcante, as quais são ambientes utilizados para o lazer, principalmente aos finais de semana.

A temporada de praias ocorre entre os meses de Setembro a Abril. Durante o período de vazante foi possível mapear e caracterizar seis praias na margem direita do rio, no baixo Cauamé, sendo elas: Praia Caçari, Polar e Curupira, localizadas na Zona Norte da cidade; e Banhos da Ponte, Caranã e Cachoeirinha, localizados na Zona Oeste da cidade. Com uma distância média de 2,9 km entre si, essas praias são frequentadas por pessoas geralmente provenientes dos bairros adjacentes em busca de um local para o lazer. Entre estas, as praias de maior aprovação pela população que frequentam estes ambientes foi a praia da Polar e banho do Cauamé, por apresentarem uma boa estrutura, e as praias com menor índice de aprovação foi a do Caranã e Cachoeirinha, por serem inadequadas, desde o ponto de vista ambiental (área degradadas) como o social (marginalidade).

Esta pesquisa, além do intuito de caracterizar os aspectos físicos e sociais das praias, foi importante por definir de forma mais fiel a bacia hidrográfica do Cauamé, com base em técnicas de sensoriamento remoto/geoprocessamento, compartimentar a bacia e caracterizar os trechos do canal. Estes dados servirão para contribuir com o banco de dados do projeto Aspectos Hidrogeomorfológicos do Estado de Roraima (Mepa/Dep.Geografia/UFRR), importante para a compreensão da dinâmica física-biótica-social das áreas úmidas de Roraima. Base para a preservação e o planejamento e gestão do manejo de bacias hidrográficas, por estas serem integrantes e atuantes numa sociedade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barroso, J. Diagnóstico Ecológico da bacia do rio Cauamé no Estado de Roraima, com a utilização de Sistema de Informações Geográficas para o Desenvolvimento Sustentável. 2009. 77p. Dissertação (Mestrado profissional interinstitucional em Economia) ó Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Universidade Federal de Roraima, 2009.

Carvalho, C. M. O lavrado da Serra da Lua em Roraima e perspectivas para estudos da herpetofauna na região. *Revista Geográfica Acadêmica*, v.3, n.1, pág. 4-17. 2009a.

Carvalho, T. M. e Ramirez, R. 2008. Técnicas de Sensoriamento Remoto aplicadas à Biogeografia: metodologia geográfica para espacialização de moluscos terrestres. *Boletim Goiano de Geografia*, v.28, p.157-166.

Carvalho, T. M.; Carvalho, C. M. 2012a. Interrelation of geomorphology and fauna of Lavrado region in Roraima, Brazil suggestions for future studies. *Quaternary Science Journal*, 61:146-155.

Carvalho, T. M.; Carvalho, C.M. 2012b. Sistemas de informações geográficas aplicadas à descrição de habitats. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences Maringá*, v. 34, n. 1, p. 79-90.

Carvalho, T. M. 2009b. Parâmetros geomorfométricos para descrição do relevo da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé, Manaus, Amazonas. In: Edinaldo Nelson dos Santos-Silva; Veridiana Vizoni Scudeller. (Org.). *Biotupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central volume 2*. 1ed. Manaus: Governo do Estado do Amazonas; Universidade Estadual do Amazonas, 2009, v. 2, p. 3-17

Carvalho, T. M.; Bayer, M. 2008. Análise integrada do uso da terra e geomorfologia do bioma cerrado: um estudo de caso para goiás. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 1, p. 62-72.

Pinheiro, M. N.; Neves, C. R.; Falcão, M. T.; Oliveira, S. K. 2012. O Padrão Urbano como determinante do grau de risco das áreas



ocupadas nas proximidades do rio Cauamé: Praia da Ponte, do Curupira, da Polar e do Caçari. Revista Geonorte, Ed. Especial, v.1, n.4, p.880-889.

Morais, R. P.; Carvalho, T. M. 2013. Cobertura da Terra d Parâmetros da Paisagem no Município de Caracaraí ó Roraima. Rev. Geogr. Acadêmica v.7, n.1.

Morais, R. P. 2014. Apectos dinâmicos da paisagem do lavrado, nordeste de Roraima. Monografia, conclusão do curso de Bacharelado em Geografia do departamento de Geografia da Universidade Federal de Roraima. 65p.

Saito, S. M. 2011. Desastres naturais e geotecnologias - Vulnerabilidade - Caderno didático n ° 6. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / CRS. 32p.

Vanzolini, P. E.; Carvalho, C. M. 1991. Two sibling and sympatric species of *Gymnophthalmus* in Roraima, Brasil Sauria:Teiidae. Papéis Avulsos de Zoologia, v.37, p.73-226.

Veloso, H. P.; Góes, L. F.; Leite, P. F.; Silva S. B.; Ferreira, H. C.; Loureiro, R. L. Terezo, E. F. 1975. Capítulo IV - Vegetação: As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos, estudo fitogeográfico. Folha NA.20 Boa Vista e parte das folhas NA.21 Tumucumaque, NB.20 Roraima e NB.21. In: Projeto RadamBrasil. Rio de Janeiro, RJ. p.305-404.

GESTÃO INTEGRADA E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE NA UGRHI - PP

MANAGEMENT OF HEALTH CARE WASTE AT THE DWRU - PP

Eduardo Rodrigues Ferreira
Professor Adjunto da Universidade do Estado de Minas Gerais ó Campus Frutal
eduardo.ferreira@uemg.br

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados a respeito das atividades de gestão integrada e gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (CBH-PP). Foram analisadas as atividades das vigilâncias sanitárias municipais e o gerenciamento interno e externo dos RSS de 77 estabelecimentos geradores, distribuídos em 19 municípios. Os estabelecimentos analisados foram unidades básicas de saúde, prontos socorros e laboratório de análises clínicas. O estudo abrangeu também as atividades da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e do Comitê de Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema (CBH-PP). As técnicas empregadas para a realização desta pesquisa foram: coleta de dados; pesquisa bibliográfica; pesquisa documental; caracterização gravimétrica e classificação dos RSS gerados pelos estabelecimentos geradores municipais, durante o período de oito dias, como preconiza a Organização Pan-Americana de Saúde, aliada à Resolução CONAMA nº. 358/05. A pesquisa demonstrou quatro principais dificuldades, sendo: das vigilâncias sanitárias municipais em relação às atividades de fiscalização, monitoramento e controle de RSS; na segregação entre resíduos do Grupo A (comuns) e Grupo D (Infectantes); e, no cumprimento da RDC ANVISA nº. 306/04; e, infraestrutura inadequada para abrigar os RSS.

Palavras-chave: Gestão integrada, gerenciamento, resíduos de serviços de saúde, caracterização gravimétrica, segregação.

ABSTRACT

This paper presents the results concerning of the management activities of Health Care Waste (HCW) at the Division of Water Resources Unit of Pontal do Paranapanema (DWRU-PP). Was analyzed the activity of sanitary surveillance and the internal and external management of HCW from 77 generators institutions, in 19 municipalities. The institutions analyzed was basic health units, emergency rooms and clinical laboratories. The study also focused on the activities of the Environmental Company of São Paulo and Watershed Committee Pontal do Paranapanema. Among the methodological procedures for the research were used: data collection; bibliographic research; documental research; gravimetric characterization and classification of the HCW generated by municipal health facilities, for eight days, based on the Pan American Health Organization together with CONAMA Resolution nº 358/05. The research exposed four mains difficulties, namely: the municipal health surveillance regarding the fiscalization activities, HCW monitoring and controlling; in the procedure for waste segregation between Group A (infectious) and Group D (commons); in the standpoint of compliance with ANVISA RDC nº 306/04; and, the improper infrastructure to shelter the HCW.

Keywords: Management, health care waste, gravimetric characterization, segregation.

1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos sempre estará relacionada ao crescimento das cidades, vinculado ao desenvolvimento das técnicas de produção e consumo, as quais fomentam tal avanço, gerando sobras que acabam se tornando um enorme desafio para os grandes, médios e pequenos municípios brasileiros.

Rodrigues (1998) corrobora este pensamento quando afirma que os resíduos sólidos são mercadorias desagradáveis e representam o modo de produção industrial.

A temática "resíduos sólidos" necessita de uma análise que envolva uma série de ramificações da ciência, ou seja, a multidisciplinaridade. Sem adoção desta postura multidisciplinar, toda e qualquer ação relacionada aos resíduos sólidos terá grande probabilidade de não almejar seus objetivos. As ciências exatas, humanas, biológicas e sociais aplicadas, cada uma delas com suas bases teóricas, contribuem para o entendimento dos inúmeros fatores ligados à questão dos resíduos sólidos, que representam um dos mais intrincados e atuais problemas dentro das perspectivas social, econômica e, principalmente, ambiental.

Dessa forma, sanear o meio ambiente urbano é uma providência necessária em face o aumento da geração de resíduos sólidos, principalmente os domiciliares, resultado do crescimento das atividades urbanas e, da expansão do consumo promovido pelo crescimento econômico. Sanear as cidades, portanto, ou melhor, fazer com que elas se tornem ambientes melhores e mais habitáveis, é um dos principais desafios para estudiosos e para os responsáveis pela tomada de decisões no setor dos resíduos sólidos.

Além dos resíduos sólidos domiciliares, que do ponto de vista quantitativo são os que são gerados em maior quantidade, outros resíduos também precisam de ações para que não apresentem perigo ao meio ambiente e à saúde pública, os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), objeto deste artigo.

Os RSS são gerados pelo consumo de serviços médicos, odontológicos e farmacêuticos (sob administração pública e/ou particular), bem como de outros serviços, a saber: os de acupuntura e tatuagens, laboratoriais, veterinários e funerários.

Em relação aos RSS, duas resoluções se destacam: a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 385/2005 e a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) através da RDC nº 306/2004.

Os textos legais citados preconizam também classificações que são importantes no processo de manejo dos RSS. Ambos classificam os RSS da seguinte maneira, de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos RSS de acordo com a Resolução CONAMA nº 358/2005 e RDC nº 306/2004. Adaptado por Ferreira. Fonte: Brasil, 2005; Brasil, 2004.

Grupo/Subgrupo	Resíduo
A/A1,A2,A3,A4 e A5	Infectante
B	Químico
C	Radioativo
D	Comum
E	Perfurocortante

A classificação apresentada no Quadro 1 é de fundamental importância para o processo de manejo dos RSS, principalmente no que se refere ao gerenciamento interno.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Tendo em vista todo o processo exploratório realizado e, principalmente, pelas observações e registros efetuados durante as atividades de campo, entende-se que esse estudo, do ponto de vista das formas de pesquisa, enquadrava-se em exploratória e descritiva.

Para a realização da pesquisa foi necessário seguir um ordenamento que se iniciou com o planejamento das atividades de campo e se encerrou com a análise das Atividades do Comitê de Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema (CBH-PP) e da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

Em relação a esse planejamento, foi realizado agendamento das atividades de campo nos municípios via telefone com os (as) secretários (as) de saúde de cada um dos 19 municípios.

Esses contatos tiveram os seguintes objetivos:

- definir as datas para a realização das atividades de campo nos municípios;
- orientar os (as) secretários (as) a respeito da reserva dos RSS gerados por todos os estabelecimentos geradores sob administração pública municipal;
- solicitar um local coberto e iluminado, onde não houvesse circulação de pessoas, com espaço físico adequado (mínimo de 64m²) para a realização dos procedimentos de caracterização gravimétrica e classificação dos RSS.

Embora 26 municípios façam parte da UGRHI-PP, foram pesquisados 19 municípios (o que representou exatamente 73,07% do universo de pesquisa). Para tal escolha, não foi adotado nenhum método estatístico ou outro tipo de critério, tendo ocorrido unicamente em função da aceitação do município em participar da pesquisa

Para cada um dos 19 municípios visitados foi reservada uma semana útil (de segunda a sexta-feira) para a realização das atividades de campo. Em alguns casos, foram necessárias até duas semanas, em função do número de estabelecimentos geradores a serem visitados, como por exemplo, nos municípios de Mirante do Paranapanema e Presidente Venceslau.

As atividades de campo constituíram-se em analisar as atividades das vigilâncias sanitárias municipais, as atividades de gestão integrada e gerenciamento pelos municípios e o gerenciamento interno nos estabelecimentos geradores públicos municipais, proceder a caracterização gravimétrica e à classificação dos RSS gerados nesses estabelecimentos, bem como a análise das atividades do CBH-PP e da CETESB.

Para analisar as atividades das vigilâncias sanitárias municipais foi utilizada a técnica entrevista, aplicada aos coordenadores desse órgão em cada município participante da pesquisa. Nela, deviam responder perguntas sobre a ação fiscalizadora desenvolvida em relação ao foco da pesquisa, a saber: existência de equipe especializada na área de RSS; ações educativas relacionadas ao gerenciamento desses resíduos; formas de atuação na fiscalização dos estabelecimentos geradores. As entrevistas não foram gravadas, as respostas dadas pelos entrevistados foram anotadas.

A técnica utilizada para a análise das atividades de gestão integrada e gerenciamento pelos municípios foi o questionário. O questionário foi encaminhado ao responsável pela limpeza urbana do município e, em grande parte dos municípios, foram os (as) secretários (as) municipais de meio ambiente que prestaram as informações.

Foram realizadas visitas e aplicados formulários em 77 estabelecimentos geradores sob administração pública municipal, distribuídos nos 19 municípios pesquisados, optando-se, assim, não usar um método de amostragem, mas incluir a totalidade desses estabelecimentos. Os formulários foram aplicados junto às enfermeiras e enfermeiros responsáveis por cada um destes estabelecimentos e, após a sua aplicação, realizou-se juntamente com os entrevistados uma verificação no local.

O procedimento de reserva dos RSS, um dos objetivos do planejamento das atividades de campo, foi organizado pelos (as) secretários (as) municipais de saúde, e ocorreu, tomando como exemplo o município de Mirante do Paranapanema, como se observa no Quadro 2.

Quadro 2 - Período de reserva de RSS em Mirante do Paranapanema. Fonte: Ferreira, 2012.

Nota: Entende-se como período da reserva os dias em que havia atendimento nos estabelecimentos geradores.

Município	Período da Reserva/ Dias de Geração	Período das Atividades
Mirante do Paranapanema	13/07/10 a 22/07/10	19/07/10 a 30/07/10

No exemplo do Quadro 2, a secretária recebeu a seguinte orientação principal:

- recipientes novos (sacos e caixas para resíduos perfurocortantes) seriam usados em todos os estabelecimentos geradores a partir do dia 13/07/2010 e, no encerramento do expediente do dia 22/07/2010, todos esses recipientes deveriam ser reservados para passar por análise posterior. Esta reserva fundamentou-se na OPS (1997), que recomenda tal intervalo de tempo para a obtenção de amostras de RSS.

As amostras de resíduos estavam acondicionadas em sacos plásticos, utilizados normalmente pelas municipalidades, e os perfurocortantes, em recipientes rígidos, os quais não foram abertos nem tiveram seu conteúdo retirado, sendo somente pesados.

A caracterização gravimétrica e classificação dos RSS foram realizadas com auxílio de balança eletrônica de precisão em gramas, da marca Balmak, modelo ELPN 6/15/30, com máxima de 30 kg e subdividida em: até 6 kg, divisão de 2g; até 15kg, divisão de 5g e, 30kg, divisão de 10g. O pesquisador fez uso de equipamentos de proteção individual, a saber: bota de borracha; jaleco; luva e gorro descartáveis; óculos; máscara com filtro, lona de borracha (5m x 5m) que serviu de base para colocação dos RSS, pá pequena, pegadores, álcool 70°, planilhas; máquina fotográfica para registro de imagens e filmagem.

As etapas adotadas para a realização destes procedimentos foram as seguintes:

- 1º Obtenção da amostra de RSS acondicionados nos sacos plásticos;
- 2º Abertura dos sacos plásticos e mistura do conteúdo;
- 3º Separação dos RSS por tipos de material e pré classificação em grupos;
- 4º Classificação final dos RSS em grupos e subgrupos.

Na etapa de separação dos resíduos por tipos de materiais (3ª etapa), foi realizada uma pré-classificação dos RSS, agrupando-os segundo a sua composição, por exemplo, espéculos vaginais e embalagens de ataduras, por serem feitos de plástico. No entanto, os espéculos vaginais pertencem ao Grupo A (infectantes), enquanto as embalagens de ataduras, ao Grupo D (comum), de forma que na etapa seguinte (4ª etapa), foram reclassificados, cada qual em sua categoria (Grupo A - subgrupo A1 e Grupo D).

Antes de algumas caracterizações gravimétricas e classificações, foi necessário descartar pequenas parcelas das amostras, uma vez que alguns sacos plásticos estavam molhados, o que impossibilitou o manuseio dos resíduos. Devido à condição desses exemplares, estabeleceu-se uma escala de qualidade para as amostras, que foram caracterizadas e classificadas, de acordo com o Quadro 3.

Quadro 3 - Escala de qualidade das amostras de RSS. Fonte: Ferreira, 2012. Nota: Os RSS estavam molhados devido ao derramamento de soro fisiológico de frascos que não foram totalmente esvaziados antes de serem acondicionados nos sacos plásticos.

Escala	Critério
Boa	Amostra seca
Razoável	Amostra parcialmente molhada
Ruim	Amostra totalmente molhada

Para classificar os RSS, foi empregada a Resolução CONAMA nº 358/2005, apresentada anteriormente. Ao final de todas as caracterizações e classificações realizadas em cada um dos 19 municípios pesquisados, foram quantificados e qualificados mais de 600 kg de RSS.

Por fim, as atividades do CBH-PP e da CETESB foram analisadas através de entrevistas e consulta a deliberações, para a obtenção de uma perspectiva mais ampla acerca da gestão integrada e do gerenciamento dos RSS na UGRHI-PP.

No CBH-PP, tanto a entrevista quanto as consultas a deliberações emitidas pelo órgão tiveram como objetivo identificar alguma ação relacionada aos RSS. Na CETESB, o formulário versou sobre as atividades de fiscalização da agência ambiental, buscando informações sobre a periodicidade das ações, a existência de método de avaliação exclusivo para RSS e realização de atividades de caráter educacional junto aos municípios.

2.1. Área de Estudo

A área adotada para a execução desta pesquisa baseou-se na divisão hidrográfica do Estado de São Paulo, estabelecida pela Lei Estadual nº. 9.034, de 27 de dezembro de 1994, a qual divide o estado em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, sendo a UGRHI-PP considerada a 22ª.

De acordo com Leal (2000) a UGRHI-PP abrange uma área de 11.838 km² e está localizada na bacia hidrográfica do rio Paraná, na região oeste do Estado de São Paulo. Como limites, ao sul o rio Paranapanema

e, o Estado do Paraná; ao norte com a UGRHI Peixe; a oeste com o rio Paraná e, o Estado do Mato Grosso do Sul; a leste com a UGRHI Médio Paranapanema.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Atividades de gestão integrada nos municípios

Em relação as atividades de gestão integrada e gerenciamento dos RSS desenvolvidas pelos municípios pesquisados, consideram-se os seguintes fatores: os planos ou programas municipais relacionados aos RSS, o modelo de gestão em RSS adotado, o tipo de empresa contratada e, o valor médio anual despendido com esse modelo, conforme o Quadro 4.

Quadro 4 - Planos ou programas de RSS, modelo de gestão em RSS adotado, tipo de empresa contratada, gasto médio anual. Fonte: Ferreira, 2012. Nota: A universidade em questão possui duas autoclaves e localiza-se no município de Presidente Prudente.

Município	Planos ou Programas em RSS	Modelo de Gestão	Empresa	Gasto Médio Anual (R\$)
Álvares Machado	Não Informou	Terceirização	Especializada	1.290,00
Anhumas	Não Possui	Terceirização	Especializada	Não Informou
Caiuá	Não Possui	Terceirização	Especializada	350,00
Estrela do Norte	Não Possui	Terceirização	Especializada	412,85
Iepê	Fase de elaboração	Terceirização	Especializada	425,00
Marabá Paulista	Fase de elaboração	Terceirização	Especializada	Não Informou
Martinópolis	Possui	Terceirização	Especializada	2.500,00
Mirante do Paranapanema	Possui	Terceirização	Universidade Particular	700,00
Nantes	Não Possui	Terceirização	Especializada	255,83
Narandiba	Possui	Terceirização	Especializada	470,00
Piquerobi	Não Respondeu	Terceirização	Especializada	Não Informou
Pirapozinho	Não Respondeu	Terceirização	Especializada	Não Informou
Presidente Bernardes	Não Possui	Terceirização	Especializada	1.500,00
Presidente Venceslau	Fase de elaboração	Terceirização	Especializada	Não Informou
Regente Feijó	Não Possui	Terceirização	Especializada	2.256,25
Sandovalina	Não Possui	Terceirização	Especializada	350,00
Santo Anastácio	Não Possui	Terceirização	Especializada	18.866,22
Taciba	Não Respondeu	Terceirização	Especializada	Não Informou
Tarabai	Possui	Terceirização	Especializada	350,00

O Quadro 4 mostra que, em relação a planos e ou programas municipais de RSS, em 42% dos municípios constatou-se não haver documentos dessa natureza. Embora existissem em 21% deles, tais programas não demonstraram eficácia, haja vista os problemas encontrados, na maioria das vezes, em relação à etapa de segregação, bem como à infraestrutura e os equipamentos existentes nos estabelecimentos pesquisados.

Cabe ressaltar que a PNRS, em sua seção IV, preconiza a elaboração dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos, no qual as etapas de manejo dos RSS devem estar incluídas.

A terceirização do gerenciamento dos RSS, adotada por 100% dos municípios na área da pesquisa, surgiu como uma alternativa viável, tanto do ponto de vista prático, pois elimina a necessidade de investir em treinamento de funcionários, quanto do ponto de vista econômico, em função dos preços pagos pelas municipalidades às empresas e à universidade. Essa situação permite ainda inferir que os municípios não possuíam recursos para a instalação de sistemas de tratamento de RSS, nem contavam com quadros técnicos para gerenciar esse tipo de atividade, resultando na dificuldade em assumir essa etapa de manejo.

Vista por outro ângulo, a adoção do modelo de gestão terceirizada, transferindo para empresas especializadas e universidade a execução de coleta, tratamento e disposição dos RSS, contribuiu para que os resíduos não fossem mais tratados e dispostos de forma adequada na UGRHI-PP, como diagnosticaram Leal *et al.* (2004). Dessa maneira, a terceirização se mostrou uma alternativa para a correta destinação dos RSS, pois, de acordo com alguns contratos e informações a que se teve acesso, os resíduos eram tratados e dispostos de forma adequada, em equipamentos e locais licenciados pela CETESB.

É preciso ressaltar, porém, que quando os municípios adotam este modelo de gestão, terceirizando os serviços relacionados ao manejo de RSS por meio da formalização de um contrato, eles se assumem como corresponsáveis, devendo responder, conjuntamente com a empresa ou universidade que presta esse tipo de serviço, por qualquer problema que possa vir a ocorrer no setor.

Os gastos médios para a coleta, transporte, tratamento e disposição final dos RSS não ultrapassaram o limite de R\$ 500,00, em 36,8% dos municípios. Um deles apenas aparece numa faixa intermediária entre R\$ 500,00 e R\$ 1.000,00, tendo informado gastos R\$ 700,00, valor pago a uma universidade particular para onde encaminhava os RSS.

Os que despenderam valores acima de R\$ 1.000,00 representaram 26,3% dos municípios pesquisados. Os demais, totalizando 31,6 % não prestaram essa informação.

3.2. Gerenciamento interno nos estabelecimentos geradores

Em relação ao gerenciamento interno nos 77 estabelecimentos geradores pesquisados, verificou-se, de modo geral, um baixo número de PGRSS, o que compromete diretamente todas as atividades desse serviço. Além da ausência dos Planos, outros aspectos mostraram-se comuns aos estabelecimentos geradores, como a inexistência de abrigos de resíduos de acordo com as normas técnicas exigidas pela Resolução ANVISA nº 306/2004 da ANVISA e o desrespeito à norma que rege a utilização de equipamentos de proteção individual pelos funcionários dos estabelecimentos geradores. Os resultados em relação a estes itens estão descritos na tabela 1.

Tabela 1 ó Principais aspectos do gerenciamento interno em relação ao número de estabelecimentos geradores em cada município pesquisados. Fonte: Ferreira, 2012

Município	Número de Estabelecimentos Geradores	PGRSS	Abrigo RSS
Álvares Machado	6	0	2
Anhumas	1	0	1
Caiuá	3	0	0
Estrela do Norte	1	0	0
Iepê	4	1	2
Marabá Paulista	1	0	0
Martinópolis	7	1	2
Mirante do Paranapanema	9	0	1
Nantes	1	0	0
Narandiba	2	0	0
Piquerobi	1	0	0
Pirapozinho	7	0	0
Presidente Bernardes	7	0	0

Presidente Venceslau	9	0	0
Regente Feijó	8	0	1
Sandovalina	1	0	0
Santo Anastácio	5	0	5
Taciba	1	0	0
Tarabai	3	0	1
Total	77	2	15

De acordo com a tabela 1, dos 77 estabelecimentos geradores pesquisados, 97,4% não tinham PGRSS. Dois deles, um índice de apenas 2,6%, possuíam seu plano (Iepê e Martinópolis). Mesmo assim, não contemplavam o conteúdo preconizado pela RDC nº 306/2004 da ANVISA.

Em suma, do ponto de vista técnico, não se pode dizer que o gerenciamento interno dos RSS é realizado nesses estabelecimentos. Entre todos os que informaram não possuir os PGRSS, 36,3% alegaram como justificativa para a inexistência do documento, a falta de conhecimento técnico, de capacitação e de diretrizes para a sua elaboração.

Em relação ao acondicionamento dos RSS, os recipientes utilizados para os resíduos também apresentaram problemas, em função de alguns estabelecimentos geradores não possuírem lixeiras adequadas, com acionamento por pedal, deixando-os expostos nos pontos de geração. Além disso, foram verificadas improvisações na etapa de acondicionamento dos resíduos do Grupo A, em alguns estabelecimentos geradores como, por exemplo, o uso de sacos pretos para resíduos infectantes e a disposição de caixas para resíduos perfurocortantes no chão ou sobre pias. Por outro lado, sacos plásticos brancos eram utilizados para acondicionar resíduos comuns e nem todos apresentavam a simbologia de resíduos infectante, o que corrobora as irregularidades no gerenciamento interno.

Ademais, a ausência de abrigos de resíduos também foi um problema recorrente nos estabelecimentos geradores. A tabela 1 mostra que somente no município de Santo Anastácio todos os estabelecimentos contavam com essa infraestrutura, e dentro das condições estabelecidas pela Resolução nº 306/2004 da ANVISA. Quanto aos demais municípios, em alguns deles, embora houvesse nos estabelecimentos geradores um espaço utilizado como abrigos de RSS, o local não estava totalmente de acordo com o que preconiza a norma. Em outros, a situação era de desacordo total com a legislação, ou a infraestrutura era mesmo inexistente.

O aspecto relacionado ao uso de EPIs pelos funcionários revelou-se deficiente nos 77 estabelecimentos geradores pesquisados, descrito na tabela 2.

Tabela 2 - Estabelecimentos geradores usuários de equipamentos de proteção individual (EPIs). Fonte: Ferreira, 2012

Número de Estabelecimentos	EPIs Utilizados
37	Luvas
13	Luvas/Jaleco
12	Luvas/Botas
3	Luvas/Botas/Máscara
3	Luvas/Botas/Avental
2	Luvas/ Jaleco/Máscara
2	Luvas/Jaleco/Botas
1	Luvas/Botas/Óculos
1	Luvas/Máscara
1	Luvas/ Jaleco/ Botas/Máscara/Óculos
2	Nenhum

De acordo com a tabela 2, sob o ponto de vista da segurança ocupacional, considerando o total dos 77 estabelecimentos geradores pesquisados, em 48,05% deles apenas as luvas eram utilizadas pelos funcionários, enquanto o uso combinado de luvas/jaleco e luvas/bota representou, respectivamente, 16,88% e 15,58%. O uso combinado de luvas/botas/máscaras, luvas/botas/avental representou, ambos, 3,89%. O de luvas/jaleco/máscara e luvas/jaleco/botas também representou o mesmo percentual, 2,59%. Em 1,29%,

verificou-se o uso das seguintes combinações: luvas/botas/óculos, luvas/máscara e luvas/jaleco/botas/máscara/óculos. Por fim, em 2,59% dos estabelecimentos geradores, não se constatou nenhuma utilização de EPI para o manejo dos RSS.

3.3. Composição gravimétrica e classificação dos RSS

Do ponto de vista da composição gravimétrica, ou seja, os materiais componentes dos resíduos gerados pelos estabelecimentos geradores, a pesquisa indicou a presença 16 tipos de materiais nos RSS, de acordo com a tabela 3.

Tabela 3 ó Composição gravimétrica por grupos de resíduos gerados pelos estabelecimentos geradores pesquisados - percentual durante oito dias de geração. Fonte: Ferreira, 2012. Nota: Não foi determinada a composição gravimétrica do Grupo E porque as caixas não foram abertas, mas, somente pesadas.

Materiais	Grupo A (%)	Grupo B (%)	Grupo D (%)
Plástico	18,1	23	61,38
Papel	14,4	Não Encontrado	17,18
Vidro	0,5	74	Não Encontrado
Madeira	1,2	Não Encontrado	Não Encontrado
Resíduo Orgânico	Não Encontrado	Não Encontrado	0,22
Papelão	Não Encontrado	Não Encontrado	7,25
Metal	Não Encontrado	3	Não Encontrado
Borracha	42,5	Não Encontrado	Não Encontrado
Tecido	22,8	Não Encontrado	6,69
Papel e Plástico	Não Encontrado	Não Encontrado	5,03
Isopor	Não Encontrado	Não Encontrado	0,09
Tecido Humano	0,5	Não Encontrado	Não Encontrado
Gesso	Não Encontrado	Não Encontrado	1,93
Alumínio	Não Encontrado	Não Encontrado	0,01
Papel Alumínio	Não Encontrado	Não Encontrado	0,01
Embalagem Multicamada	Não Encontrado	Não Encontrado	0,21
Total	100	100	100

Em relação a composição gravimétrica dos RSS na área de pesquisa. O material plástico foi dominante, principalmente no Grupo D, com pouco mais de 60%.

Os resíduos compostos por borracha também atingiram geração representativa no Grupo A, com 42,5%. Este material foi representado pelas luvas de procedimento, utilizadas para atendimentos médicos e odontológicos nos estabelecimentos geradores pesquisados, configurando a maior geração na área de pesquisa, com um total de 110,030 kg, dentro do período de amostra estabelecido. É interessante notar que isso explica o odor predominante de borracha, característico das amostras de RSS desses estabelecimentos.

Os materiais que apresentaram menor expressão dentro da composição gravimétrica foram o alumínio e papel-alumínio, integrantes do Grupo D, com somente 0,01%.

Os dados quantitativos e qualitativos coletados corroboram a literatura sobre RSS, pois demonstram que o padrão de geração de resíduos na área pesquisada está diretamente relacionado ao tipo de estabelecimento gerador e aos atendimentos neles disponibilizados.

O panorama de geração dos RSS por grupos nos municípios pesquisados apresentou-se da seguinte forma, de acordo com a tabela 4.

Tabela 4 ó Panorama de geração por grupos nos municípios participantes da pesquisa - percentual durante oito dias de geração.
Fonte: Ferreira, 2012

Município	Grupo A (%)	Grupo B (%)	Grupo D (%)	Grupo E (%)
Álvares Machado	49,4	0,1	10,9	39,6
Anhumas	38	Não Encontrado	9	53
Caiuá	22	1	7	70
Estrela do Norte	29,5	5,5	18,6	46,4
Iepê	33,5	0,5	30,2	35,8
Marabá Paulista	47	0,3	29,2	23,5
Martinópolis	66,2	0,2	11,8	21,8
Mirante do Paranapanema	42,4	Não Encontrado	20,4	37,2
Nantes	35,4	Não Encontrado	19,6	45
Narandiba	32	5	24	39
Piquerobi	52	Não Encontrado	11	37
Pirapozinho	46	Não Encontrado	12	42
Presidente Bernardes	54	1	12	33
Presidente Venceslau	32	5	4	59
Regente Feijó	42	1	18	39
Sandovalina	33	Não Encontrado	11	56
Santo Anastácio	77,4	2,2	10	10,4
Taciba	63,6	0,4	16,5	19,5
Tarabai	20,5	31	12	36,5
Média	42,94	2,8	15,11	39,14

Três grupos de RSS de saúde apresentaram geração constante nas amostras obtidas nos municípios, a saber: Grupos A, D e E.

Os Grupos A e E de resíduos apresentaram a maior quantidade, com média de 42,94% e 39,14%, respectivamente. O maior percentual de geração do Grupo A é considerado normal, em função do tipo de atendimento prestado pelos estabelecimentos geradores pesquisados nos municípios participantes. A presença de resíduos do Grupo D, com média de geração de 15,11%, deve-se à falta de conhecimento técnico dos funcionários que realizam o descarte, a qual se expressa na dificuldade em diferenciar um resíduo considerado comum, de um resíduo infectante.

Os resíduos do Grupo B (químicos) foram gerados em 68,42% dos municípios, com uma média de geração de 2,8%, a menor do panorama. Esta percentagem se refere principalmente ao descarte esporádico de embalagens primárias de medicamentos e de limpeza e de produtos utilizados para diagnóstico por imagem, serviço este prestado em poucos estabelecimentos geradores. Em função do não haver oferta de serviços de radiologia nos estabelecimentos pesquisados, não se constatou a geração de resíduos do Grupo C (radioativo).

Dentre os municípios que apresentaram maior geração por grupo de RSS, destacam-se: Santo Anastácio (77,4% - Grupo A); Tarabai (31% - Grupo B); Iepê (30,2% - Grupo D) e Caiuá (70% - Grupo E).

3.4. Atividades das vigilâncias sanitárias municipais

Dentro do universo de manejo dos RSS, as vigilâncias sanitárias municipais e estaduais desempenham um papel importante, no sentido de oferecer orientações e realizar fiscalizações necessárias para a garantia de um gerenciamento adequado dos RSS. No entanto, as vigilâncias sanitárias municipais, no decorrer da pesquisa, tiveram destaque negativo, em função da precariedade e das dificuldades por elas apresentadas nos municípios pesquisados.

Um exemplo claro disto foi a ausência de condições de trabalho das vigilâncias sanitárias municipais foi a falta de veículos para a realização das fiscalizações. No município de Santo Anastácio, o coordenador do órgão municipal relatou que realizavam fiscalizações a pé, junto com a sua equipe. Mesmo sendo uma cidade pequena, a situação não se justifica, e demonstra a carência de ferramentas para o desenvolvimento do trabalho, uma das dificuldades enfrentadas por esses profissionais.

Em municípios de porte um pouco maior, a preocupação das coordenações estava relacionada com o número reduzido de funcionários. Segundo relatos de alguns (as) coordenadores (as) das vigilâncias sanitárias municipais, o temor era o de não haver número suficiente de pessoas para atender todas as demandas originadas pela gestão plena.

Em outros municípios, a questão do espaço físico para o desenvolvimento das atividades foi o aspecto destacado. No município de Álvares Machado, por exemplo, a vigilância sanitária dispunha de uma pequena sala, com um computador, e três funcionários. Carentes de melhores condições de trabalho, agravadas pelo recebimento da gestão plena, a grande questão a ser levantada é como irão se organizar os órgãos municipais de vigilância sanitária, para atender à demanda relacionada aos RSS.

Esse contexto de dificuldade pode ser um reflexo desta passagem da gestão plena do Estado aos municípios, o que poderia ter sido implantado de forma gradual, para não gerar impactos negativos nas atividades das vigilâncias sanitárias municipais. Antes de qualquer coisa, é preciso conhecer a realidade e as necessidades de cada município, a fim de instrumentalizar o seu órgão de vigilância sanitária, para que possa, de forma eficiente, prestar serviços essenciais à população e, principalmente, realizar atividades direcionadas ao manejo dos RSS.

Entende-se, portanto, ser necessário que as mudanças sejam implantadas de modo gradual, e que se desenvolva um processo mais efetivo de gestão, aspectos, esses, diretamente relacionados ao sucesso ou ao insucesso das atividades que envolvem os RSS.

3.5. Atividades do Comitê da Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema

A Câmara Técnica de Planejamento Avaliação e Saneamento (CTPAS), instituída pela deliberação CBH-PP/002/98 ó 014/98 e constituída por membros do comitê, é a instância onde se discutem as atividades voltadas aos resíduos sólidos, e tem como atribuições subsidiar os debates, promover estudos e emitir pareceres, bem como organizar cursos e palestras. Sua atuação, porém, abrange questões de saneamento em geral, não havendo uma instância técnica específica no Comitê para tratar exclusivamente de assuntos relacionados aos resíduos sólidos. De acordo com as informações concedidas pela secretaria executiva do CBH-PP, nenhuma atividade educativa referente ao tema foi realizada junto aos municípios, tampouco discussões sobre o manejo dos RSS foram desenvolvidas pelo CBH-PP.

A CTPAS, por meio da deliberação CBH-PP/090/08 de 14/03/08, apresentou um termo de referência para a aquisição de um equipamento de autoclave. A proposta era que ele fosse instalado no município de Presidente Venceslau e utilizado para o tratamento de RSS em âmbito regional. A ideia, no entanto, não foi concretizada, por falta de interesse dos municípios em se engajarem nessa ação coletiva. O valor destinado à aquisição desse aparelho era de R\$ 115.000,00 (cento e quinze mil reais), recursos estes advindos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), que assim como o Fundo Estadual de Prevenção e Controle da Poluição (FECOP), é outra fonte financiadora de projetos voltados aos resíduos sólidos.

3.6. Atividades da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

No Pontal do Paranapanema, a CETESB atua com duas agências ambientais, localizadas nos municípios de Presidente Prudente e Teodoro Sampaio. A agência de Presidente Prudente é responsável por 20 municípios, e a de Teodoro Sampaio, por 6. Apesar de as duas agências terem sido procuradas pelo pesquisador responsável, somente a de Presidente Prudente concedeu entrevista e as informações requisitadas.

De acordo com informações da gerência de Presidente Prudente, as fiscalizações com relação aos RSS, nos vinte municípios de sua responsabilidade, eram realizadas três vezes ao ano, segundo um cronograma estabelecido, podendo ser feitas também em caso de haver alguma denúncia. Para desempenhar essa tarefa, tinha ainda ao seu dispor quinze funcionários e quatro veículos, considerados, no entanto, de acordo com informações da gerência, insuficientes para atender à demanda regional.

Do ponto de vista de integração entre as ações da CETESB e da vigilância sanitária municipal. A gerência informou em só haver este contato quando surgia algum tipo de problema relacionado aos RSS. Não havia nenhuma ação definida por meio de agenda.

Quanto à integração de suas ações com as da vigilância sanitária municipal, a gerência informou que esse contato ocorre apenas quando surge algum tipo de problema relacionado aos RSS, não havendo nenhuma ação definida por meio de agenda. Devido à mencionada falta de técnicos, também não se realizavam atividades de caráter educacional junto aos municípios. O procedimento adotado pela agência era deslocar um funcionário, ou até o gerente, para esclarecer as dúvidas quando necessário.

Em decorrência da nova organização institucional da CETESB, a gerência informou que não havia ainda nenhum projeto interventor relacionado diretamente aos RSS na agência ambiental de Presidente Prudente, de forma que as atividades eram realizadas de forma rotineira.

Para avaliar as condições de disposição final dos resíduos sólidos urbanos, a CETESB estabeleceu, desde 1997, o IQR. No entanto, de acordo com a gerência, não havia nenhum método específico para determinar a qualidade do manejo dos RSS no Estado de São Paulo. Segundo ainda o informante, na região de Presidente Prudente, entre o período de 2009 até o dia 08 de junho de 2011, o município de Presidente Venceslau foi o único município que recebeu auto de infração com imposição de penalidade de advertência, por ôdispor de forma inadequada no solo, e sem prévio tratamento (esterilização, inertização, etc.) em área do aterro em valas do município, resíduos provenientes de estabelecimentos de serviços de saúde.

A hipótese de a região vir a se organizar sob a forma de consórcio para executar o tratamento e a disposição final de resíduos sólidos foi reconhecida pela gerência como positiva. Por outro lado, considera que embora a iniciativa pudesse dinamizar os trabalhos, o processo para o estabelecimento do acordo entre os futuros signatários seria bastante difícil, principalmente devido a questões de ordem política e à decisão sobre o local da área de disposição final ambientalmente adequada dos resíduos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão com terceirização em RSS, modelo diagnosticado na totalidade dos municípios pesquisados, sem dúvida alguma, vem cada vez mais ganhando espaço. Seu avanço deve-se não só à falta de recursos financeiros das prefeituras municipais para montar uma estrutura adequada ao manejo dos RSS, como também aos baixos custos cobrados pelas empresas para realizar os serviços. Aliada ao viés econômico, a falta de corpo técnico especializado para o manejo dos RSS é outro fator determinante para que as municipalidades o transfiram para empresas privadas especializadas.

O mesmo vem ocorrendo também no manejo dos resíduos sólidos domiciliares, um serviço que empresas de grande porte na área de limpeza urbana vêm oferecendo às prefeituras. Devido a esta carência mencionada, seja ela de caráter financeiro ou técnico, abre-se um amplo filão de mercado a ser explorado por grandes grupos. Acredita-se que o modelo terceirizado em resíduos sólidos passe a ser adotado por um grande número de municípios.

Reconhece-se, todavia, que a terceirização, uma opção que ganhou força, acaba por trazer melhorias para o manejo dos RSS e para os demais resíduos, devido à profissionalização cada vez maior do setor da limpeza urbana. No entanto, isso está ocorrendo no mercado, ou seja, no âmbito privado fora dos domínios municipais. Por isso, fica evidente a necessidade de se iniciar um processo de profissionalização dos quadros técnicos do funcionalismo municipal, como ponto de partida para a existência e a implantação de planos e programas em RSS nos municípios pesquisados e nos seus respectivos estabelecimentos geradores.

A ausência de capacitação ainda é considerada um obstáculo com que deparam os gestores municipais, uma vez que não se percebeu uma eficácia no processo de implantação de planos e ou programas, haja vista o percentual de municípios que não possuíam tais documentos e as dificuldades no gerenciamento interno apresentadas pelos estabelecimentos geradores sob a administração pública municipal.

Quanto ao gerenciamento interno nos estabelecimentos geradores de RSS, os dados são preocupantes: 97% dos 77 estabelecimentos geradores municipais não possuem o PGRSS e, nos 2,6% que sinalizaram possuí-lo, constatou-se a necessidade de passarem por reestruturação. Considerando que sem o PGRSS, o estabelecimento gerador não consegue gerenciar internamente e de forma adequada os RSS, toda e qualquer atividade relacionada ao seu manejo estará prejudicada. Diante dessa premissa concluiu-se que, do ponto de vista técnico, não houve sinalização efetiva da existência de gerenciamento interno de RSS.

O fato de não haver o PGRSS nos estabelecimentos geradores evidentemente refletiu em outros aspectos fundamentais relacionados ao gerenciamento interno de RSS. Frente aos resultados do panorama de geração da Tabela 8, chegou-se a conclusão de que os estabelecimentos geradores pesquisados nos 19 municípios não realizavam corretamente a segregação, como comprovam os 15% de resíduos comuns encontrados juntos com resíduos infectantes, após a caracterização gravimétrica e classificação. Ademais, a porcentagem expressiva de resíduos do Grupo D, na área de pesquisa, seguiu a tendência dos dados levantados por outros autores, que, também concluíram, em seus estudos, haver dificuldades nesta etapa do manejo de RSS. Esse panorama de geração de resíduos do Grupo D junto com os infectantes está diretamente relacionada a ausência de PGRSS e reforçou a necessidade de intervenções de caráter educativo juntos aos funcionários dos estabelecimentos geradores, pois concluiu-se que eles não estavam conseguindo distinguir um resíduo pertencente ao Grupo D, de um resíduo do Grupo A.

Aliada à carência de capacitação técnica dos quadros de funcionários das prefeituras municipais, está a inexistência dos abrigos de RSS, reflexo direto da ausência dos PGRSS. Chegou-se a essa conclusão devido a somente um município, entre os 19, possuía abrigos de RSS em todos os seus estabelecimentos geradores. Da perspectiva de segurança ocupacional, por sua vez, os trabalhadores envolvidos no gerenciamento interno dos RSS não receberam cuidados de forma efetiva, considerando o percentual (quase 50%) de funcionários que utilizavam somente luvas para o manejo dos RSS.

Em suma, todo o contexto problemático de gerenciamento interno dos RSS nos estabelecimentos geradores pesquisados deu-se em função da inexistência dos PGRSS, assim como da ineficácia dos planos que foram verificados.

No que concerne às vigilâncias sanitárias, observou-se que elas não apresentavam condições para receber a gestão plena, por não terem como assumir atividades relacionadas à fiscalização e orientação sobre os RSS, devido à falta de estrutura e de funcionários. Isso sinalizou a necessidade de intervenção da vigilância sanitária estadual no sentido de aparelhar os órgãos municipais para que possam desenvolver suas atribuições em seus respectivos municípios.

A CETESB, na agência de Presidente Prudente, não apresentou problemas referentes às suas atividades como órgão fiscalizador, uma vez que detêm situação consolidada no Estado de São Paulo. No entanto, a não participação da agência ambiental de Teodoro Sampaio demonstrou a necessidade de estabelecer o diálogo entre a academia e o órgão, bem como de estreitar o relacionamento com a universidade, no sentido de participar de pesquisas relacionadas a resíduos sólidos, o que não foi verificado de forma plena na pesquisa.

O CBH-PP, por sua vez, não demonstrou realizar atividades específicas relacionadas aos RSS, tampouco, concretizar sua proposta de aquisição de equipamento para processar o tratamento de RSS em âmbito regional. Face à essa falência, conclui-se que ainda é um grande obstáculo conseguir implementar ações conjunta entre os municípios, a qual a imposição destes se deve a ideais muitas vezes de ordem político-partidário.

Os resultados da pesquisa, enfim, alinharam-se à tendência revelada em outros estudos sobre o tema, que expõe as dificuldades inerentes ao manejo dos RSS, corroborando a hipótese estabelecida, ou seja, a ausência de capacitação técnica no manejo dos RSS pelos municípios pesquisados. E, para reverter esse quadro, propõe-se o desenvolvimento de ações integradas, incluindo atividades de capacitação de pessoal, na UGRH-PP, que demonstrou estar indo de encontro a muitas premissas teóricas, técnicas e legais relacionadas a esse tipo de resíduo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrelpe. 2011. Panorama de resíduos sólidos no Brasil. Grappa Editora e Comunicação, São Paulo, 184 p.

Brasil. Política Nacional de Resíduos Sólidos. <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm> Acessado em: 06 de setembro.

Brasil. Resolução da Diretoria Colegiada nº 306. <www.egis.bvs/leisref/public/showAct.php?id=13554&word=RDC1>. Acessado



em: 06 de setembro

Brasil. Resolução CONAMA nº. 358 <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35805.pdf>. Acessado em: 17 de setembro.
CERVO, A. L.; BERVIAN P. A. 2002. Metodologia científica. Pearson Prentice Hall, 5ª ed, São Paulo, 242 p.

Ferreira, E. R. Gestão e gerenciamento de resíduos de serviços de saúde pela administração pública municipal na UGRHI do Pontal do Paranapanema - SP. 2012. Tese (Doutorado em Ciências: Programa de Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 356 f.

Fonseca. E. 2001. Iniciação ao estudo dos resíduos sólidos e da limpeza urbana. JCR, 2º ed., João Pessoa, 130 p.

Leal, A. C. Gestão das Águas no Pontal do Paranapanema - São Paulo. 2000. Tese (Doutorado em Geociências: Área de concentração em Administração e Política de Recursos Minerais) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 280 f.

Rodrigues, A. M. 1998. Produção e Consumo do e no espaço: problemática ambiental urbana. Hucitec, São Paulo, 239 p.

Santos, R. F. dos; 2004. Planejamento Ambiental: teoria e prática. Oficina de Textos, São Paulo, 232 p.

Schneider, V. E. et al. 2004. Manual de gerenciamento de resíduos sólidos de serviços de saúde. Balieiro, São Paulo, 173 p.

DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL DAS OBRAS DE APOIO À PAVIMENTAÇÃO DA RODOVIA CAMINHOS DA NEVE (SC-114)

DESCRIPTION OF THE STAGES OF ENVIRONMENTAL LICENSING OF THE WORKS TO SUPPORT THE PAVING OF THE CAMINHOS DA NEVE HIGHWAY (SC-114)

Maisa Barrionuevo

Universidade do Estado de Santa Catarina - Lages - Santa Catarina - Brasil
maisab@hotmail.br

Josiani Cordova de Oliveira

Universidade do Estado de Santa Catarina - Lages - Santa Catarina - Brasil
josiani.oliv@gmail.com

Valter Antonio Becegato

Universidade do Estado de Santa Catarina - Lages - Santa Catarina - Brasil
becegato@cav.udesc.br

Vitor Rodolfo Becegato

Universidade do Estado de Santa Catarina - Lages - Santa Catarina - Brasil
vitortiburon_92@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho descreve as etapas do Licenciamento Ambiental das obras de apoio à pavimentação da Rodovia Caminhos da Neve (SC-114), antiga SC-430, localizada no município de São Joaquim - SC, desenvolvidas pela Organização Militar do 10º Batalhão de Engenharia de Construção do Comando do Exército Brasileiro situado no município de Lages - SC. As obras de apoio licenciadas referem-se à extração de minerais, beneficiamento de minerais com cominuição, usina de produção de concreto betuminoso usinado a quente e posto autônomo de abastecimento. O licenciamento seguiu o ordenamento jurídico estabelecido pela legislação ambiental, destacando-se a Resolução do CONAMA nº 237/1997 bem como por outros instrumentos do órgão ambiental do Estado de Santa Catarina (FATMA). Após o uso das áreas efetuou-se um Plano de Controle Ambiental (PCA), onde foram inseridas informações sobre o empreendedor e o empreendimento, bem como o diagnóstico ambiental, possíveis impactos e medidas de controle e os Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) e de Monitoramento Ambiental. Ambos foram elaborados de acordo com as diretrizes fixadas pela NBR 13030, da Associação Brasileira de Normas Técnicas e pelo Decreto Federal nº 97.632, de 10 de abril de 1989 a empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais, devendo ser submetido à aprovação do órgão ambiental competente quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

Palavras-chave: Licenciamento Ambiental, Extração Mineral, Beneficiamento de Minerais com Cominuição.

ABSTRACT

This work describes the stages of the environmental licensing activities of the works to support the paving of the Caminhos da Neve Highway (SC-114), former SC 430, located in the municipality of São Joaquim SC; developed by the Military Organization of the Tenth Battalion of Construction Engineering, of the Brazilian Army Command, located in the city of Lages SC. The licensed supporting works refer themselves with the extraction of minerals, mineral benefitting with comminution, an asphalt concrete production plant and an autonomous supplying station. The licensing process followed the legal norms established by the National Environment Council (CONAMA) and the Santa Catarina State Environmental Foundation (FATMA). After the use of the areas, an Environmental Control Plan (PCA) was performed, where information about the enterprise and its owner, as well as the environmental diagnosis, possible environmental impacts and their control measures, the Degraded Areas Recovery Plans (PRAD) and the Environmental Monitoring Plans. These plans were developed according to the guidelines established by the NBR 13030 of the Brazilian Association of Technical Norms and by the Federal Decree number 97632, directed to enterprises destined to mineral resources exploitation, and must be submitted for the approval of the competent environmental body when the Environmental Impact Study (EIA) and the Environmental Impact Report (EIR) are presented.

Keywords: Environmental Licensing, Mineral Extraction, Mineral Benefitting with Comminution.

1. INTRODUÇÃO

O licenciamento ambiental é instrumento fundamental na busca do desenvolvimento sustentável. Sua contribuição é direta e visa encontrar o convívio equilibrado entre a ação econômica do homem e o meio ambiente onde se insere. Busca-se a compatibilidade do desenvolvimento econômico e da livre iniciativa com o meio ambiente, dentro de sua capacidade de regeneração e permanência (TCU, 2007).

Segundo a Resolução nº 237 de 1997, do CONAMA, licenciamento ambiental é um procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades que utilizam recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.

O processo de licenciamento ambiental tem como principais normas legais a Lei nº 6.938/1981; a Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, que estabeleceu as diretrizes gerais para elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) nos processos de licenciamento ambiental e a Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997, que estabeleceu procedimentos e critérios, e reafirmou os princípios de descentralização presentes na Política Nacional de Meio Ambiente e na Constituição Federal de 1988 (MMA, 2009).

Cada fase do empreendimento ou atividade (planejamento, instalação e operação) tem uma licença específica. As licenças ambientais estão estabelecidas no Decreto 99.274/1990, que regulamenta a Lei 6.938/1981, e detalhadas na Resolução CONAMA nº 237/1997.

Iniciar as obras antes de concedida a competente licença de instalação acarretará a paralisação da construção. Além da interrupção dos trabalhos, atraso no cronograma e aumento dos custos da obra. A falta da licença ocasionará prováveis alterações do projeto para adaptá-los às condicionantes, atraso no início da operação do empreendimento e prejuízos financeiros, dentre outros (TCU, 2007).

No estado de Santa Catarina, a Fundação do Meio Ambiente (FATMA) é o órgão ambiental responsável pelo licenciamento ambiental. Esta instituição analisa e avalia os processos de licenciamento ambiental através de suas Instruções Normativas (IN). Atualmente vigoram 65 Instruções Normativas, todas referentes a algum tipo de atividade sujeita ao Licenciamento Ambiental.

Este estudo teve como objetivo central descrever as etapas de Licenciamento Ambiental ligadas as obras apoio à pavimentação da Rodovia Caminhos da Neve (SC-114), antiga SC-430, importante caminho

turístico do Estado, localizada no município de São Joaquim - SC, desenvolvidas pela Organização Militar do 10º Batalhão de Engenharia de Construção (BEC), do Comando do Exército Brasileiro. As referidas obras licenciadas referem-se à extração de minerais, beneficiamento de minerais com cominuição, usina de produção de concreto betuminoso usinado a quente e posto autônomo de abastecimento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A obra executada pelo 10º Batalhão de Engenharia e Construção prevê a pavimentação asfáltica da Rodovia SC-114 no trecho que liga São Joaquim - SC ao município gaúcho de Bom Jesus, passando pela comunidade de São Francisco Xavier, até a ponte do Rio Pelotas. O traçado do projeto inicia no final do pavimento da Rua Getúlio Vargas, início da Rua Horácio Dutra, e acaba na divisa entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Figura 1), perfazendo uma extensão total de 29,9 km.



Figura 1 - Localização do trecho da pavimentação da Rodovia SC-114. Ponto inicial de coordenadas geográficas 28°17'44"S e 49°56'9"O e Ponto final de coordenadas 28°28'48"S e 50° 4'23"O.

Na Figura 2 encontram-se os procedimentos para obtenção do licenciamento ambiental junto ao órgão ambiental do Estado de Santa Catarina.

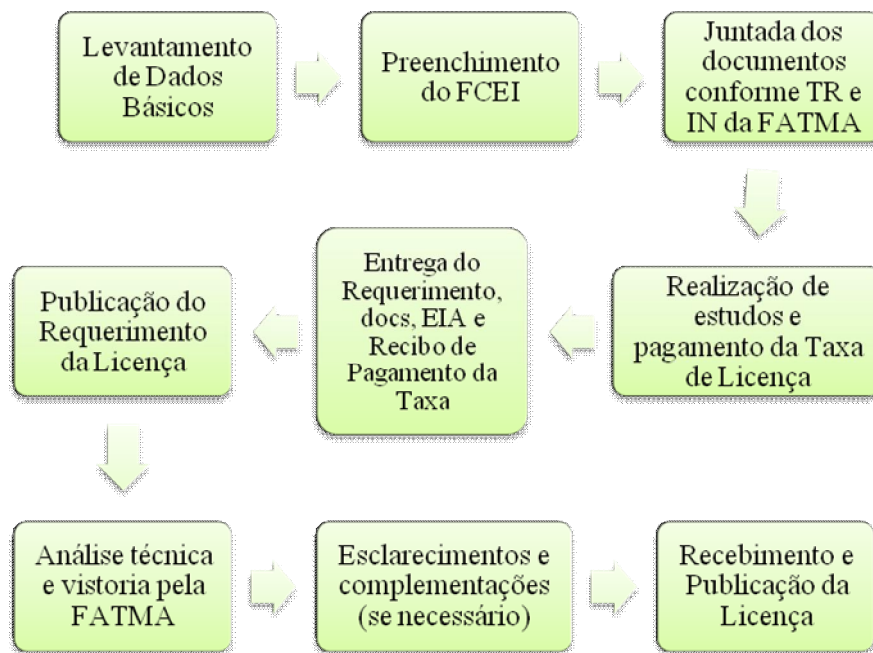


Figura 2 - Fluxograma do processo para obtenção de Licença Ambiental na FATMA

2.2. Execução das Atividades

A etapa de execução das obras compreende as atividades de execução do Projeto Final de Engenharia e, conseqüentemente, do respectivo Projeto Ambiental e de eventuais programas ambientais desenvolvidos para a mitigação de impactos ambientais aprovados pelo órgão ambiental na obtenção das Licenças Ambientais (DEINFRA, 2006b).

No planejamento e controle ambiental da obra de pavimentação asfáltica, prevê-se a realização do Estudo Prévio de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto ao Meio Ambiente (EIA/RIMA), realizado pelo Departamento Estadual de Infraestrutura (DEINFRA, 2006b).

Segundo o DEINFRA (2006b), compete à empresa construtora, no caso o 10º Batalhão de Engenharia, assumir totalmente as providências no sentido de regularização ambiental das áreas e instalações de apoio às obras, junto aos órgãos competentes, conforme Declaração de Responsabilidade Ambiental firmada em contrato.

Consideram-se como obras especiais ou obras de apoio: jazidas, pedreira, caixa de empréstimo, areal, canteiro de obras, britador, usina de asfalto, captação de água, Registro de Extração Mineral (DNPM), entre outras.

Na seqüência descreve-se o licenciamento de quatro empreendimentos de apoio à obra de pavimentação da Rodovia SC-114:

- Extração de minerais - lavra a céu aberto com desmonte por explosivos (Pedreira);
- Beneficiamento de minerais com cominuição (Britador);
- Usina Móvel de Produção de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) e
- Tanque Autônomo de Abastecimento de Combustível do Destacamento.

2.2.1. Extração de minerais (Pedreira)

Para o Setor Mineral (MMA, 1997), em termos técnicos, a atividade de extração mineral que é definida como mineração propriamente dita engloba as atividades de pesquisa, lavra e beneficiamento de minerais, e se caracteriza pela existência de um plano de aproveitamento econômico de um corpo mineral conhecido. A atividade assim definida compreende três etapas, que correspondem à implantação, operação e

desativação. Neste sentido, a mineração configura-se como uma forma de uso temporário do solo.

O início do procedimento de formalização do processo de licenciamento se dá obrigatoriamente mediante o preenchimento do Formulário de Caracterização do Empreendimento - Integrado (FCEI) no Sistema de Informações Ambientais (SinFAT). Nele, o requerente presta informações de caracterização do empreendimento e uso de recursos naturais, o que permite a identificação das autorizações necessárias e a integração do processo.

Efetuada o cadastro do empreendimento no SinFAT, o mesmo indicará com base no código da atividade constante da listagem de atividades e empreendimentos potencialmente causadores de degradação ambiental e/ou atividades florestais, a Instrução Normativa aplicável ao licenciamento da atividade ou empreendimento, assim como o Termo de Referência para os estudos ambientais necessários, para que seja dado início ao processo de licenciamento.

A FATMA emite o boleto com a taxa a ser paga pelo empreendedor, sendo o valor da mesma definida de acordo com o potencial poluidor do empreendimento. O pedido de licença só poderá ser solicitado à FATMA após o pagamento desta taxa.

2.2.2. Beneficiamento de minerais com cominuição (Britador)

Resolução CONSEMA nº 003 de 2008 estabelece que o beneficiamento de minerais com cominuição, que tenha equipamentos com capacidade nominal menor que 150 ton/h, deve apresentar Relatório Ambiental Prévio (RAP) para obtenção da Licença Ambiental Prévia (LAP), sendo considerada de pequeno porte.

O empreendedor preenche o Formulário de Caracterização do Empreendimento - Integrado (FCEI), onde identifica o empreendedor, o empreendimento, dados para correspondência, coordenação geográfica, e localização do empreendimento, se há exploração florestal, dados do objeto, informando o código do enquadramento do objeto, parâmetros técnicos da atividade segundo a Resolução CONSEMA 003/08 e a fase do objeto. Após, a FATMA emite boleto com taxa a ser paga pelo empreendedor.

Depois de entregue o requerimento de LAP pelo empreendedor, acompanhado dos documentos constantes na Instrução Normativa IN-04, que licencia Atividades Industriais, dá-se a devida publicidade.

De posse da LAP, deu-se entrada no pedido de Licença Ambiental de Instalação (LAI) através do preenchimento do FCEI, pagamento da taxa, entrega dos documentos constantes na IN-04 e publicação no Diário Oficial do Estado de Santa Catarina.

Após obtenção da LAP e LAI, deu-se entrada na Licença Ambiental de Operação (LAO), que teve como condicionante pendente para sua concessão a instalação de barreira de siltagem.

Foi entregue o requerimento, juntamente com os documentos necessários e o Relatório de Controle Ambiental, com registros fotográficos comprovando o cumprimento da condicionante imposta na LAI.

A FATMA emitiu a LAO e deu-se a devida publicidade.

2.2.3. Usina móvel de produção de concreto asfáltico

O procedimento de licenciamento ambiental, conforme o disposto na Resolução CONAMA nº 237/97, art. 10, obedece às seguintes etapas:

- Cadastramento do empreendedor e do empreendimento junto ao Sistema de Informações Ambientais - SinFAT;
- Requerimento da licença ambiental pelo empreendedor, acompanhado dos documentos, projetos e estudos ambientais pertinentes, dando-se a devida publicidade;
- Análise pela FATMA dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados e a realização de vistorias técnicas;
- Solicitação de esclarecimentos e complementações pela FATMA;
- Emissão de parecer técnico conclusivo;
- Deferimento do pedido de licença, dando-se a devida publicidade;

De acordo com o disposto na Resolução nº 003/2008, a atividade que possui área útil de 0,004 hectares necessita da elaboração de Estudo Ambiental Simplificado (EAS) e conforme Termo de Referência Anexo

à Resolução CONSEMA nº 001/2006, a ser apresentado na fase de requerimento da Licença Ambiental Prévia.

Por sua vez, o Já o EAS contempla os seguintes conteúdos:

- Objeto do licenciamento;
- Justificativa da atividade/empreendimento;
- Identificação do empreendedor (dados do empreendedor e do empreendimento);
- Caracterização do empreendimento (localização e características técnicas);
- Diagnóstico ambiental (quanto à delimitação da área de influência direta e compatibilidade do empreendimento com a legislação envolvida, quanto ao uso e ocupação do solo atual, quanto à infraestrutura existente, quanto às atividades socioeconômicas, quanto à cobertura vegetal e fauna, quanto ao tipo de solo e quanto aos recursos hídricos);
- Identificação dos impactos ambientais e medidas de controle e
- Identificação dos responsáveis técnicos pelo estudo.

Depois da juntada dos documentos, deu-se entrada no pedido de Licença Ambiental Prévia (LAP) da Usina de Asfalto, conforme IN-65, que trata do licenciamento de Atividades Industriais, seguindo os procedimentos cabíveis.

A sequência do processo de licenciamento se dá com a solicitação da Licença Ambiental de Instalação (LAI) e a Licença Ambiental de Operação (LAO).

2.2.4. Tanque autônomo de abastecimento do destacamento

De acordo com o disposto na Resolução CONSEMA nº 003/2008, os tanques autônomos de consumidor final de combustíveis líquidos e gasosos são licenciados com elaboração de Relatório Ambiental Prévio (RAP).

No caso do Tanque Autônomo do Destacamento (Figura 3) que possui volume total de 15 m³, o licenciamento é feito através de Autorização Ambiental (AuA), de conformidade com o disposto na Resolução CONSEMA nº 001/2006, art. 2º e Instrução Normativa IN-48.



Figura 3 - Tanque autônomo de combustível líquido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Extração de minerais (Pedreira)

O empreendimento é destinado à exploração de britas de rocha eruptiva básica (Figura 4), a serem utilizadas na pavimentação da Rodovia SC-114.



Figura 4 - Extração de minerais em rocha eruptiva básica (Pedreira).

A utilização das áreas de mineração como o desmonte de rochas, deixa no meio ambiente verdadeiros passivos ambientais, cujas áreas devem ser recuperadas e monitoradas. Nesse sentido foi efetuado um Plano de Controle Ambiental (PCA), cujo estudo é obrigatório conforme estabelece Instrução Normativa IN-07 e Resoluções do CONSEMA 001/2006 e 003/2008. Por se tratar da extração de recursos naturais não renováveis, a mineração geralmente é vista como uma atividade altamente impactante e não sustentável.

O PCA deve ser elaborado observando-se o tipo de solos das áreas de empréstimo sobre as superfícies degradadas. Deve-se ter clareza sobre as características destes solos, da degradação que podem estar provocando no local de empréstimo (passivo ambiental), mas também sobre a forma de manejo e enriquecimento dos mesmos para o preparo da revegetação. É preciso certificar-se de que a drenagem e a estabilidade das superfícies estão garantidas em longo prazo (MMM, 2001).

3.1.1. Obtenção da Licença Ambiental Prévia (LAP) da Pedreira

A lavra do basalto na Pedreira de São Joaquim - SC será realizada pelo 10º BEC, numa área de 1,5 ha, por desmonte com explosivos e produção bruta estimada em 24.000 m³/ano. De posse destas informações, foi possível o enquadramento da Pedreira segundo a Atividade 00.10.00 da Resolução CONSEMA nº 003 de 2008, da qual exige a realização de EIA ou EAS, por se tratar de empreendimento de pequeno porte.

Entretanto, segundo Borges (2009), independentemente da classe em que o projeto de mineração está inserido, devem ser comprovadas: a) autorização para exploração florestal, b) averbação de reserva legal para áreas rurais e c) outorga para uso de recursos hídricos.

A outorga do uso de recursos hídricos não foi exigida, visto que foi instalado um poço tubular na propriedade com licença ambiental, independente à exploração mineral. Além disso, não faz uso do recurso hídrico para a lavra do basalto. A averbação de reserva legal foi realizada por aquisição de quotas em outra propriedade, a cargo do Departamento do Estado de Infraestrutura (DEINFRA), compensando as áreas de reserva legal exigidas para os empreendimentos de apoio em área rural e à pavimentação da Rodovia SC-114. Já para a autorização para exploração florestal foi adquirida licença junto ao órgão ambiental estadual.

No procedimento de licenciamento ambiental deve constar obrigatoriamente a certidão da Prefeitura Municipal, declarando que o local e o tipo de empreendimento ou atividade estão em conformidade com a legislação aplicável ao uso e ocupação do solo.

O Requerimento de Autorização de Pesquisa foi preenchido no site do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), e então quitado no valor de R\$ 607,57. Neste requerimento são prestadas informações referentes ao empreendimento (dados do empreendedor e do empreendimento, substância explorada, investimentos, plano de pesquisa, orçamento, cronograma, entre outros). O título autorizativo é o Alvará de Pesquisa, outorgado pelo Diretor Geral do DNPM e publicado no Diário Oficial da União.

De acordo com o Código de Mineração, a Pesquisa Mineral compreende entre outros, os seguintes

trabalhos de campo e de laboratório: levantamentos geológicos pormenorizados da área a pesquisar, em escala conveniente; estudos dos afloramentos e suas correlações; levantamentos geofísicos e geoquímicos; abertura de escavações visitáveis e execução de sondagens no corpo mineral; amostragens sistemáticas; análises físicas e químicas das amostras e dos testemunhos de sondagens e ensaios de beneficiamento dos minérios ou das substâncias minerais úteis, para obtenção de concentrados de acordo com as especificações do mercado ou aproveitamento industrial.

A Pesquisa Mineral foi terceirizada por uma empresa de consultoria em mineração e meio ambiente, capacitada para elaborar estudos técnicos necessários ao processo regularização mineral e ambiental, representando um custo de R\$ 41.000,00.

O EAS por sua vez, contempla a caracterização do empreendimento, dados do empreendedor, diagnóstico ambiental, identificação de impactos e medidas de controle, conforme Termo de Referência obtido na FATMA.

Após ser entregue o requerimento da LAP pelo empreendedor, acompanhado dos documentos, projetos e estudo ambiental pertinente (EAS) acima citados, dá-se a devida publicidade no Diário Oficial do Estado e em um periódico regional (ou local) de grande circulação.

A FATMA analisa o processo e realiza, se necessário, vistoria técnica no local de implantação do empreendimento. Pode, ainda, solicitar esclarecimentos e complementações das informações prestadas, que deverão ser atendidas pelo empreendedor. Finalizada a análise, a FATMA emite parecer técnico conclusivo e, quando couber, parecer jurídico, decidindo pelo deferimento ou indeferimento do pedido de licença.

Ao expedir a licença prévia, a FATMA estabelece as medidas mitigadoras que devem ser contempladas no projeto de implantação. O cumprimento dessas medidas é condição para a solicitação e obtenção da licença de instalação.

Após a retirada da licença prévia, o empreendedor publica informativo comunicando a concessão no diário oficial da esfera de governo que licenciou (Diário Oficial do Estado) e em jornal de grande circulação.

3.1.2. Obtenção da Licença Ambiental de Instalação (LAI) da Pedreira

Após a obtenção da LAP, iniciam-se os procedimentos para a solicitação da Licença Ambiental de Instalação (LAI). Assim como a LAP, a LAI também necessita de Formulário de Caracterização do Empreendimento - Integrado (FCEI), cujo boleto é emitido pela FATMA com a taxa a ser paga pelo empreendedor.

Quando da solicitação da LAI, o empreendedor:

- Comprova o cumprimento das condicionantes estabelecidas na LAP;
- Apresenta os planos, programas e projetos ambientais detalhados e respectivos cronogramas de implementação e
- Apresenta o detalhamento das partes dos projetos de engenharia que tenham relação com questões ambientais.

O Plano de Controle Ambiental (PCA) é exigido nas Resoluções CONAMA nº 009/1990 e 010/1990 para a concessão de LAI de atividade de extração mineral, devendo conter os projetos executivos de prevenção e mitigação dos impactos previstos no EAS.

O PCA foi elaborado a partir da Instrução Normativa IN-07, que dispõe sobre licenciamento de Atividades de Mineração, da Fundação do Meio Ambiente (FATMA). Neste documento, dispõem-se informações sobre o empreendedor, a caracterização do empreendimento, da equipe técnica, o diagnóstico ambiental, os aspectos e possíveis impactos ambientais, propondo medidas mitigadoras, o mapa do avanço da frente de lavra, o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) e o Plano de Monitoramento Ambiental.

Após pagar a taxa, o empreendedor entrega o requerimento da LAI, acompanhado dos documentos constantes na IN-07 e o Plano de Controle Ambiental, dando-se a devida publicidade.

Durante a vigência da LAI, o empreendedor implementa as condicionantes determinadas, com o objetivo de prevenir ou remediar impactos sociais e ambientais que possam ocorrer durante a fase de

construção da obra, por meio de medidas que devem ser tomadas antes do início de operação. O cumprimento das condicionantes é indispensável para a solicitação e obtenção da licença de operação.

O deferimento da LAI deve ser publicado em jornal de circulação local. Este passo autoriza a implantação da atividade ou instalação de equipamentos.

3.1.3. Obtenção da Licença Ambiental de Operação (LAO) da Pedreira

O próximo passo é a obtenção da Licença Ambiental de Operação (LAO), que assim como as licenças anteriores, também necessita de Formulário de Caracterização do Empreendimento - Integrado, com taxas a serem pagas pelo empreendedor. Juntamente com o requerimento de LAO, são entregues os documentos exigidos de acordo com a IN-07.

Uma das condicionantes da LAI a ser atendida no momento da solicitação da LAO, é a reestruturação de bacia de sedimentação (Figura 5), que deverá ser verificada no momento da inspeção pelo órgão ambiental. Deve ser entregue um relatório fotográfico juntamente com o requerimento e a documentação pertinente.



Figura 5 - Bacia de sedimentação da Pedreira.

Após a documentação solicitada efetua-se o protocolo no órgão ambiental para o pedido da LAO. Essa solicitação também deve ser publicada no Diário Oficial e em jornal de grande circulação regional.

Após a vistoria pelo órgão ambiental, foi expedida a LAO da Pedreira, que também deverá ser devidamente publicada.

Concedida à licença de operação, fica o empreendedor obrigado a implementar as medidas de Controle Ambiental e as demais condicionantes estabelecidas, sob pena de ter a LAO suspensa ou cancelada pelo órgão outorgante. Normalmente as condicionantes visam à implementação correta dos programas de monitoramento e acompanhamento ambiental do empreendimento. Também objetivam prevenir riscos à saúde e ao meio ambiente.

Para manter a situação regular junto ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente, e garantir a emissão do Certificado de Regularização da atividade de mineração, deve-se manter atualização anual quanto à situação do empreendimento, através do site do órgão ambiental federal.

Assim o valor das licenças da Pedreira (LAP, LAI, LAO) totalizou o montante de R\$ 6.396,94.

3.2. Beneficiamento de minerais com cominuição (Britador)

A construção da Rodovia SC-114 exigiu a instalação de Unidades de Britagem, (Figura 6), infraestrutura para dar suporte à obra, com a produção de material pétreo, insumo fundamental para as camadas do subleito e para o asfaltamento da Rodovia.

As Unidades de Britagem são compostas por três equipamentos:

- Britador Asteca, que produz uma média diária de 80 a 100 m³ de rachão (pedras de 3 a 4 polegadas);
- Britador Metso, que produz brita nº 01, 02 e pedrisco numa média diária de 150 m³ e
- Moinho Piacentini, que produz cerca de 40 m³ de pó de brita diariamente, para a utilização no travamento de rachão, para a produção de brita graduada e para a produção de asfalto (CBUQ).



Figura 6 - Beneficiamento de minerais com cominuição (Britador).

3.2.1. Obtenção da Licença Ambiental Prévia (LAP) do Britador

A Resolução CONSEMA nº 003 de 2008 estabelece que o beneficiamento de minerais com cominuição que tenha equipamentos com capacidade nominal menor que 150 ton/h, deve apresentar Relatório Ambiental Prévio (RAP) para obtenção da LAP, sendo considerada de pequeno porte.

Neste caso, como a Pedreira e o Britador tem o mesmo registro de matrícula do imóvel, ou seja, localizam-se no mesmo terreno, o licenciamento dos empreendimentos foi ãamarradoö, conforme orientação do órgão ambiental. Assim, o Estudo Ambiental Simplificado realizado no licenciamento da Pedreira pode ser utilizado também para a obtenção da licença do Britador, que exige RAP.

O empreendedor preenche o FCEI, onde identifica o empreendedor, o empreendimento, dados para correspondência, coordenação geográfica, e localização do empreendimento, se há exploração florestal, dados do objeto, informando o código do enquadramento do objeto, parâmetros técnicos da atividade segundo a Resolução nº CONSEMA 003/08 e a fase do objeto. Na sequência a FATMA emite boleto com taxa a ser paga pelo empreendedor.

Após ser entregue o requerimento de LAP pelo empreendedor, acompanhado dos documentos constantes na Instrução Normativa 04, que licencia Atividades Industriais, dá-se a devida publicidade.

A FATMA expede a licença prévia e o empreendedor dá a devida publicidade, e, caso houver, o empreendedor deve atender às condicionantes.

3.2.3. Obtenção da Licença Ambiental de Instalação (LAI) do Britador

Posteriormente a obtenção da LAP, deu-se entrada no pedido de LAI através do preenchimento do FCEI, pagamento da taxa, entrega dos documentos constantes na IN-04 e publicação no Diário Oficial do Estado.

3.2.4. Obtenção da Licença Ambiental de Operação (LAO) do Britador

Em seguida a obtenção da LAP e LAI, deu-se entrada na licença de operação, que teve como condicionante pendente para sua concessão a instalação de barreira de siltagem (Figura 7). A barreira de siltagem consiste num dispositivo que tem a finalidade de reter materiais finos do solo que possam ser carreados para a drenagem do manancial existente a jusante do britador. Essa barreira é executada através da fixação de mantas de geotêxteis em estacas de madeira cravadas no solo (DEINFRA, 2006a).

Foi entregue o requerimento, juntamente com os documentos e o Relatório de Controle Ambiental, com registros fotográficos comprovando o cumprimento da condicionante imposta na LAI. A FATMA emitiu a LAO e deu-se a devida publicidade.

O valor das licenças do Britador (LAP, LAI e LAO) totalizou R\$ 2.000,00.



Figura 7 - Barreira de siltagem (Britador).

3.3. Usina móvel de produção de concreto asfáltico

O objeto de licenciamento trata-se de um processo de usina de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) (Figura 8). O empreendimento visa garantir a manutenção do fornecimento do produto final da usina a ser instalada que é o CBUQ para a execução da pavimentação asfáltica da rodovia SC-114.



Figura 8 - Usina de Asfalto (CBUQ).

A atividade resume-se na recepção e estocagem dos agregados. A operação seguinte constitui na mistura dos materiais agregados na quantidade necessária conforme o projeto de mistura. Esta dosagem ideal ocorre nos silos, onde também é verificado o seu teor de umidade. A usina possui um sistema de produção totalmente automatizado, com controle computadorizado das dosagens dos agregados, o que possibilita a pesagem com maior precisão individual de cada material.

Em seguida, os agregados são direcionados ao forno secador e ao tambor misturador. Após a mistura do agregado no interior do tambor, é adicionada a emulsão asfáltica (Cimento Asfáltico de Petróleo/CAP 20) na parte final do tambor misturador completando a mistura. Cabe lembrar que, antes de serem misturados os agregados são previamente aquecidos. Essa mistura denomina-se Concreto Betuminoso Usinado a Quente

(CBUQ).

O pedido de licenciamento somente foi recebido e protocolado com apresentação da documentação completa listada na Instrução Normativa IN-65.

O valor da licença prévia foi de R\$ 1.868,10; de instalação R\$ 4.647,19; e de operação, R\$ 9.294,48, totalizando R\$ 15.809,77, conforme valores atualizados pela Lei nº 12.262/2007.

3.4. Tanque autônomo de abastecimento do destacamento

A Autorização Ambiental é instrumento de licenciamento ambiental simplificado previsto para o Tanque Autônomo, descrita na Lei nº 14.675 de 13 de abril de 2009 e em Resolução do CONSEMA, constituído por um único ato, com prazo de validade de até quatro anos. Esta aprova a localização e concepção do empreendimento ou atividade, bem como sua implantação e operação.

O Formulário de Caracterização do Empreendimento - Integrado (FCEI) dá abertura ao trabalho junto a FATMA, a qual emite o boleto a ser pago pelo empreendedor, no valor de R\$ 64,80.

No processo de licenciamento é exigida a apresentação de documentação específica. O requerimento e a concessão da licença devem ser devidamente publicados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A exigência legal e o compromisso ambiental que o Exército Brasileiro presa, resultou na elaboração do licenciamento ambiental das atividades e empreendimentos da empresa, visando garantir o desenvolvimento sustentável e a preservação da qualidade ambiental.

Assim, o estudo forneceu também informações úteis à elaboração dos pedidos de licenças ambientais, o que poderá servir como ferramenta para orientar sobre os respectivos processos de licenciamento e estudos ambientais similares, além de relacionar os principais conceitos inseridos nos normativos aplicáveis à matéria.

Conclui-se, portanto, que trabalhar em conformidade com a legislação ambiental pertinente às suas atividades, além de trazer bons resultados para a comunidade como um todo, elimina os custos com multas, embargos e sanções administrativas decorrentes do não cumprimento da legislação ambiental.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas. 1999. NBR 13.030: Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração. Rio de Janeiro. RJ.

Borges, L. Gerenciamento Ambiental de Projetos de Mineração: Um estudo de caso. 2009. 123 f. Dissertação (Pós-graduação) - Curso de Engenharia Mineral, Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2542/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_GerenciamentoAmbientaProjetos.pdf>. Acesso em: 24 set. 2013.

_____. Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Diário Oficial [da União], Brasília, DF, 10 abr. 1989.

_____. Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial [da União], Brasília, DF, 07 jun. 1990.

Deinfra: Departamento do Estado de Infra-Estrutura (Santa Catarina). Secretaria do Estado de Infra-estrutura (Org.). Barreira de siltagem. 2. ed. Florianópolis, 2006a. 128 p. Disponível em: <http://www.deinfra.sc.gov.br/download/bid/barreira_de_siltagem.pdf>. Acesso em: 04 set. 2013.

Deinfra: Departamento do Estado de Infra-Estrutura (Santa Catarina). Secretaria do Estado de Infra-estrutura (Org.). Manual de



Procedimentos Ambientais Rodoviários. 2. ed. Florianópolis, 2006b. 128 p. Disponível em: <http://www.deinfra.sc.gov.br/jsp/relatorios_documentos/doc_tecnico/download/normas_ambientais/revisao_norma_ambiental.pdf>. Acesso em: 04 set. 2013.

_____. Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]; Brasília, 02 set. 1981.

_____. Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. Diário Oficial [da União], Florianópolis, DF, 13 abr. 2009.

Ministério do Meio Ambiente ó MMA. 1997. Diretrizes Ambientais para o Setor Mineral. Brasília, DF.

Ministério do Meio Ambiente ó MMA. 2001. Manual de normas e procedimentos para licenciamento ambiental no setor de extração mineral. Brasília, DF.

Ministério do Meio Ambiente ó MMA. Programa Nacional de Capacitação de gestores ambientais: licenciamento ambiental. Brasília. 2009. 90 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/ultimo_caderno_pnc_licenciamento_caderno_de_licenciamento_ambiental_46.pdf>. Acesso em: 15 set. 2013.

_____. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece diretrizes para elaboração do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental ó RIMA nos processos de licenciamento ambiental. Diário Oficial [da União], Brasília, DF, 23 jan. 1986

_____. Resolução CONAMA nº 009, de 06 de dezembro de 1990. Edita normas específicas para o Licenciamento Ambiental de Extração Mineral. Diário Oficial [da União], Brasília, DF, 28 dez. 1990.

_____. Resolução CONAMA nº 010, de 06 de dezembro de 1990. Edita normas específicas para o Licenciamento Ambiental de Extração Mineral Classe II. Diário Oficial [da União], Brasília, DF, 28 dez. 1990.

_____. Resolução CONAMA no 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre os Procedimentos e Critérios para o Licenciamento Ambiental. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]; Brasília, 22 de Dez. 1997.

_____. Resolução CONSEMA nº 001, de 14 de dezembro de 2006. Aprova a Listagem das Atividades Consideradas Potencialmente Causadoras de Degradação Ambiental passíveis de licenciamento ambiental pela Fundação do Meio Ambiente ó FATMA e a indicação do competente estudo ambiental para fins de licenciamento. Disponível em: http://www.metaquimica.com.br/Legislacao/CONSEMA_001_06.pdf. Acesso em 25 de set. 2013.

_____. Resolução CONSEMA no 001, de 24 de janeiro de 2006. Aprova a listagem das atividades consideradas potencialmente causadoras de degradação ambiental passíveis de licenciamento ambiental pela Fundação do Meio Ambiente ó FATMA. Diário Oficial [do Estado]; Florianópolis, 14 dez. 2006.

_____. Resolução CONSEMA nº 003, de 29 de abril de 2008. Aprova a Listagem das Atividades Consideradas Potencialmente Causadoras de Degradação Ambiental passíveis de licenciamento ambiental pela Fundação do Meio Ambiente ó FATMA e a indicação do competente estudo ambiental para fins de licenciamento. Disponível em: <<http://www.metaquimica.com.br/Legislacao/CONSEMA%20N%BA%200308%20FATMA.pdf>>. Acesso em: 25 de set. 2013.

TCU. Tribunal de Contas da União (Brasil). 2007. 4ª Secretaria de Controle Externo (Org.). Cartilha de licenciamento ambiental. Brasília: TCU, 4 p. Disponível em: <<http://portal2.tcu.gov.br/portal/pls/portal/docs/2059156.PDF>>. Acesso em: 18 set. 2013.

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE LAGES - SC

SOLID WASTE MANAGEMENT OF THE LAGES SC CITY LANDFILL

Vinícius Poli

Universidade do Estado de Santa Catarina - Lages - Santa Catarina - Brasil
alemaumvp@hotmail.com

Josiani Cordova de Oliveira

Universidade do Estado de Santa Catarina - Lages - Santa Catarina - Brasil
josiani.oliv@gmail.com

Valter Antonio Becegato

Universidade do Estado de Santa Catarina - Lages - Santa Catarina - Brasil
becegato@cav.udesc.br

Vitor Rodolfo Becegato

Universidade do Estado de Santa Catarina - Lages - Santa Catarina - Brasil
vitortiburou_92@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar o atual sistema de gestão dos resíduos sólidos no município de Lages - SC. Efetuaram-se visitas periódicas ao Aterro Sanitário Municipal, reuniões para propor medidas de melhorias na coleta seletiva de resíduos sólidos e palestras sobre a importância da coleta seletiva em escolas municipais e estaduais. A gestão dos resíduos sólidos do município apresenta deficiências que acarretam em oneração para a Prefeitura Municipal, ocorrendo diretamente por meio de serviços e mão de obra, ou indiretamente por meio de danos ao meio ambiente e à saúde da população. Nesse contexto é de grande importância a existência de uma coleta seletiva eficiente no município, juntamente com a educação ambiental em todas as faixas etárias.

Palavras-chave: Gestão ambiental, Resíduos sólidos, Aterro sanitário, Coleta seletiva.

ABSTRACT

The present work aimed to evaluate the current solid waste management system in the municipality of Lages - SC. Periodic visits to the city landfill, briefings to propose improvements in the solid waste sorting and lectures about its importance in city and state schools were realized. The solid waste management of the city has deficiencies that result in an encumbrance to its Government, occurring directly through services and workforce, or indirectly through damages to the environment and the population health. In this context, the existence of an efficient solid waste sorting in the municipality has a huge importance, along with an environmental education directed to all ages.

Keywords: Environmental management, Solid waste, Landfill, Waste sorting.

1. INTRODUÇÃO

A gestão ambiental tem como objetivo estabelecer, recuperar e/ou manter o equilíbrio entre a natureza e sociedade, por meio da administração dos ecossistemas naturais e sociais com vistas ao desenvolvimento das atividades humanas e a proteção dos recursos naturais, dentro de parâmetros pré-definidos (Fernandes et al., 2004).

Caracteriza-se, portanto, nas afirmações de Souza (2000) como um conjunto de procedimentos que visam à harmonização entre as atividades antrópicas e o meio ambiente; entre o desenvolvimento das sociedades humanas e qualidade ambiental. As ações em gestão ambiental, por conseguinte, devem embasar-se em processos efetivos de formulação e implementação de uma política capaz de garantir diretrizes e normas para ações eficazes.

Deste modo, percebe-se a importância de se estabelecer ferramentas para o aperfeiçoamento da gestão dos resíduos sólidos urbanos, levando em consideração a coleta, o tratamento e a disposição final dos resíduos.

Em função da sua natureza heterogênea, os resíduos sólidos podem causar impactos sanitário, ambiental, econômico e estético durante todo seu ciclo de vida e principalmente, em sua etapa de destinação final agredindo a atmosfera, o solo, o lençol freático e os ecossistemas (Oliveira, et al., 2012).

Os Aterros Sanitários são uma obra de engenharia que tem objetiva acomodar os resíduos no solo utilizando o menor espaço prático possível, causando o mínimo de dano ao meio ambiente ou à saúde pública. Essa técnica consiste basicamente na compactação dos resíduos no solo, na forma de camadas que são periodicamente cobertas com terra ou outro material inerte (CETESB, 2013).

No ano 2000, somente 16,5% dos resíduos sólidos gerados pela população urbana no estado de Santa Catarina recebia disposição final adequada. Os 83,5% dos resíduos restantes eram dispostos em depósitos a céu aberto. Em relação ao número de municípios no Estado verificou-se na época que, dos 293 municípios, apenas 22 (8%) do total, dispunham seus resíduos sólidos domiciliares em sistemas adequados. Aqueles municípios cujos resíduos sólidos domiciliares eram depositados através de sistemas inadequados representavam a maioria, correspondendo a 92% (271 municípios) (ABES/SC, 2012).

A problemática dos resíduos sólidos sempre esteve presente e gradativamente vem adquirindo uma grande importância na instância legislativa, que produz movimentos ambientalistas pertinentes à política pública de resíduos, definindo os princípios e hierarquia da sua gestão (Nunesmaia, 1997).

Um importante instrumento criado que trata dos resíduos sólidos no Brasil, foi a Lei nº 12.305 de 2010, que estabelece as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos.

Diante de tal contexto, percebe-se a importância de se procurar através da educação ambiental, com o foco na coleta seletiva, motivar as pessoas a serem as responsáveis pela primeira triagem dos resíduos. Isto, desenvolvendo, simultaneamente, uma consciência coletiva e ecológica e também, orientando as pessoas para contribuírem com a preservação do meio ambiente. (Abdala, et al., 2007). Desta forma, este trabalho objetivou avaliar o atual sistema de gerenciamento de resíduos sólidos do município de Lages ó SC, observando a qualidade do serviço prestado pela empresa contemplada com a concessão do aterro sanitário do município, por meio de visitas periódicas, avaliar e propor melhorias para o sistema de coleta seletiva de resíduos sólidos, e realizar atividades educacionais nas escolas municipais tendo em vista a sensibilização ambiental em relação à gestão dos resíduos sólidos urbanos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Aterro Sanitário Municipal

O aterro está situado na localidade de Índios, na margem esquerda da BR-282 sentido Lages/Florianópolis - SC, distante aproximadamente 20 km do Centro de Lages (Figura 1), sob as coordenadas geográficas 27°44'45"S e 50°10'0"O. O mesmo recebe diariamente cerca de 120 toneladas de lixo proveniente de dez cidades da região, além de Lages. Deste total, 80 toneladas são geradas diariamente pelos moradores de Lages.

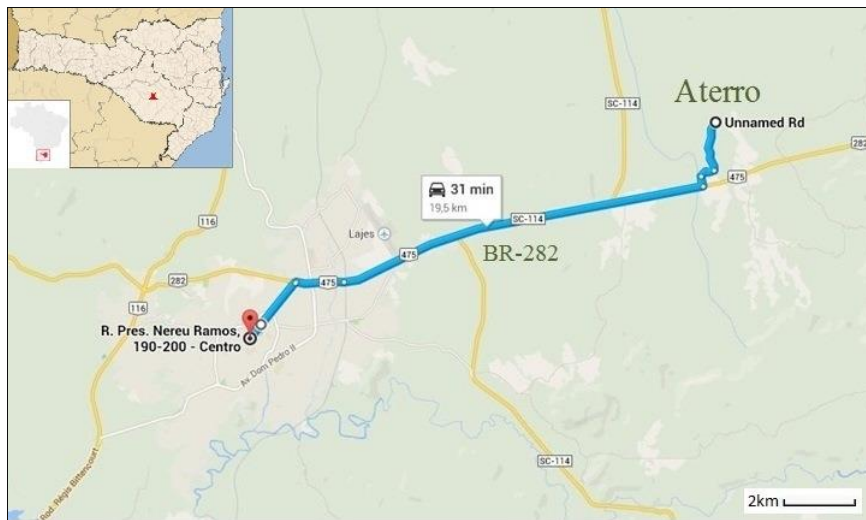


Figura 1 - Localização do Aterro Sanitário no município de Lages - SC

Foram realizadas visitas ao aterro sanitário municipal com a finalidade de avaliar e monitorar o serviço prestado pela empresa contemplada com concessão no processo de licitação.

O aterro sanitário desde o início da pesquisa, já demonstrava conter irregularidades, pois observou-se resíduos dispostos sem recobrimento, erosão dos taludes, vazamento de chorume, presença de animais vetores e dificuldade de acesso dos caminhões coletores para a disposição dos resíduos. O monitoramento e avaliação do funcionamento do aterro foram realizados com base nos dados apresentados no projeto executivo realizado pela empresa vencedora da licitação.

Segundo projeto executivo elaborado pela empresa, o aterro sanitário ocupará uma área de 75.012 m², sendo que mais da metade desta área já está ocupada ou terraplanada. Observando que o excedente de solo no processo de terraplanagem deverá ser estocado para ser utilizado na execução dos acessos e na cobertura dos resíduos.

A impermeabilização do aterro será realizada através da construção de uma dupla camada impermeabilizada, constituída por uma camada de manta sintética de PEAD de 1,5 mm e uma camada de 0,5 m de argila compactada. Sobre a camada de argila, será assentada a manta sintética em toda a área do aterro. O assentamento da manta deve ser feito cuidadosamente, observando-se o seguinte: que estejam asseguradas condições de compactação e resistência homogêneas no fundo das células e em seus taludes; a manta fique totalmente apoiada sobre o fundo e as laterais (taludes) da célula; não se formem depressões ou declividades contrárias ao sentido indicado para o escoamento do chorume; não haja qualquer espécie de perfuração; não haja a formação de tensões na manta que possam gerar ou facilitar seu rompimento; as emendas entre ôpanosô da manta deverão ser sobrepostas no mínimo 10 cm, e executadas segundo as técnicas, materiais e normas do fabricante do material.

Foram construídos canais de drenagem provisórios no entorno das frentes de serviço, com o objetivo de evitar o escoamento das águas superficiais e facilitar a realização das atividades.

Durante a operação normal do aterro, à medida que se formarem as camadas de resíduos, serão implementadas as canaletas no pé das bermas, evitando assim a erosão dos taludes. Essas canaletas serão construídas junto à borda externa da camada de lixo e a crista do talude. Na medida em que se alterarem as camadas do aterro, ocorrerá um aumento da vazão das águas superficiais, coletadas pelas canaletas de bermas, devendo-se assim, executar as estruturas que permitam a condução destas águas até a porção inferior do aterro sanitário.

Serão utilizadas também caixas de passagem sempre que ocorrer mudança na direção dos escoamentos ou então em confluência de canaletas de drenagem. Para a drenagem dos líquidos percolados será utilizado um sistema que deve coletar e conduzir os líquidos percolados, reduzindo as pressões destes sobre a massa de

resíduos sólidos e, também, minimizar o potencial de migração para o subsolo. Os diferentes níveis de drenagem de chorume deverão ser interligados através do sistema de drenagem de gases e conectados ao sistema de tratamento através de tubulações.

Para proporcionar a correta captação e queima dos gases serão construídos drenos verticais, conectados ao sistema de drenagem de percolados, facilitando a captação de gases e de chorume.

A frente de trabalho será construída de forma que os caminhões cheguem o mais próximo possível da massa de resíduos. As áreas de descarga e de acesso não deverão ficar salientes, deverão ser regularizadas com uma camada de terra e em seguida deverá ser colocada uma camada de 20 cm de cascalho.

Na área de descarga deverá permanecer o mínimo possível de resíduos sólidos sem cobertura. Antes da etapa de cobertura os resíduos deverão ser devidamente compactados com a utilização de maquinários.

Ao fim do dia, quando a célula atinge uma altura de 5 m, deverá ser coberta com uma camada de terra de 20 cm de espessura. A terra deve ser depositada na base da célula e em seguida, espalhada e compactada com o auxílio do trator de esteira.

O solo para cobertura diária será obtido durante a etapa inicial de terraplanagem do aterro, sendo então estocado em local apropriado para ser utilizado na operação de cobertura. Após a cobertura, os taludes devem ser protegidos com grama, para evitar a perda de material com as chuvas e eventual exposição dos resíduos já aterrados.

Quanto ao sistema de tratamento de líquidos percolados, será composto por: lagoa anaeróbia, lagoa facultativa, de aeração, de decantação, tratamento físico-químico e posteriormente lançamento no corpo receptor.

A empresa também projetou e dimensionou o sistema de tratamento de efluentes do aterro sanitário através de dados obtidos pelo balanço hídrico, levando em conta os fatores precipitação, evaporação, escoamento superficial, infiltração, perda potencial de água no solo, armazenamento de água no solo e percolação.

Em relação ao tratamento biológico, a lagoa anaeróbia (Figura 2) é uma das unidades de tratamento, onde a existência de condições estritamente anaeróbias é essencial. Isso é alcançado através do lançamento de uma grande carga de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) por unidade de volume da lagoa, fazendo com que a taxa de consumo de oxigênio seja várias vezes a taxa de produção; cujo valor balizador é de 3 mg/L O₂ para águas doces da classe I, conforme Resolução CONAMA nº 357 de 2005.



Figura 2 - Lagoa Anaeróbica do Aterro Sanitário Municipal.

Fonte: SEMMASP, 2013.

Dados de Entrada: Taxa de aplicação volumétrica (L): 0,2 kg DBO₅/m³d; Vazão (Q) = 95 m³/d; Concentração inicial (S₀) = 4 kg DBO₅/m³; Volume da Lagoa Anaeróbia:

$$V = \frac{Q \times S_0}{L} = \frac{95 \times 4}{0,2} \quad V = 1,9 \text{ m}^3;$$

Tempo de Detenção Hidráulico:

$$TDH = \frac{V}{Q} = 1, \frac{9}{95} \quad TDH = 20 \text{ dias};$$

Dimensões: Profundidade útil: 4 m; Borda Livre: 0,5 m; Superfície: 729 m² Espelho d'água: 676 m²; Fundo: 324 m²; Volume Útil Total: 1957,33 m³; Eficiência Estimada: 40%;

Concentração Afluente:

$$S = (1 - E) \times S_0 = (1 - 0,4) \times 4 \quad S = 2,4 \text{ kg DBO}_5/\text{m}^3;$$

Já as lagoas facultativas (Figura 3) são a variante mais simples dos sistemas de lagoas de estabilização. Basicamente, o processo consiste na retenção de efluentes líquidos por um período de tempo longo o suficiente para que os processos naturais de estabilização da matéria orgânica se desenvolvam (Von Sperling, 2005).



Figura 3 - Lagoas Facultativas do Aterro Sanitário Municipal.

São dispositivos de tratamento para os quais são encaminhados efluentes brutos ou pré-tratados, visando à estabilização bioquímica da matéria orgânica afluente por meio do metabolismo de organismos aeróbios e de organismos anaeróbios que proliferam na camada de lodo que se depositam no fundo. Seu tratamento é feito por processos naturais: físicos, biológicos e bioquímicos (Uehara, 1989).

Dados de entrada: Taxa de aplicação superficial: 380 kg / ha.d; Vazão (2 lagoas): 47,5 m³ cada; Concentração Inicial: 2,4 kg DBO₅/m³;

Dimensões: Profundidade útil adotada: 1,5 m; Borda Livre: 0,5 m; Superfície: 3200m²; Espelho d'água: 3081m²; Fundo: 2736 m²;

Tempo de Detenção Hidráulico:

$$TDH = \frac{V}{Q} = \frac{4360}{47,5} \quad TDH = 92 \text{ dias};$$

Os tempos de detenção elevados nas lagoas devem-se a grande concentração do efluente e pequena vazão de entrada.

Foram implantadas duas lagoas com as dimensões acima, uma para o horizonte de projeto de 10 anos e a segunda para atender a vazão de projeto de 1,1 L/s.

Concentração Afluente:

Adotando modelo de mistura completa, com coeficiente de remoção de DBO₅ de 0,15 d⁻¹ (K).

$$S = \frac{S_0}{1 + K \times TDH} = \frac{2400}{1 + 0,15 \times 92} \quad S = 162 \text{ mg DBO}_5/\text{L};$$

Eficiência:

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100 = \frac{2400 - 162}{2400} \quad E = 93,25 \%;$$

Mesmo com uma eficiência alta, a concentração de afluente ainda é grande. Assim serão projetadas duas lagoas aeradas de mistura completa em série, uma para cada lagoa facultativa.

As lagoas aeradas (Figura 4), por sua vez, dependem da introdução artificial do oxigênio requerido pelos organismos decompositores da matéria orgânica solúvel e finamente particulada. O oxigênio é fornecido por aeradores mecânicos os quais se constituem de equipamentos providos de turbinas rotativas de eixo vertical que causam um grande turbilhonamento na água através de rotação em grande velocidade facilitando a penetração e dissolução do oxigênio.



Figura 4 - Lagoa Aerada do Aterro Sanitário Municipal

Fonte: SEMMASP, 2013.

As lagoas foram projetadas para um tempo de detenção hidráulico de quatro dias.

Precipitação:

$$V = TDH \times Q = 4 \times 47,5 \quad V = 190 \text{ m}^3;$$

Dimensões: Profundidade Útil: 2,5 m; Borda Livre: 0,5 m; Superfície: 156,25 m²; Espelho d'água: 132,25 m²; Fundo: 42,25 m²; Volume útil total = 207,71 m³

Concentração Afluente:

Foi adotado um modelo de mistura completa com coeficiente de remoção $k = 1 \text{ d}^{-1}$, e Sistema de Aeração com aerador de 3 CV em cada lagoa.

$$S = \frac{S_0}{1 + K \times TDH} = \frac{162}{1 + 1 \times 4} \quad S = 32,4 \text{ mg DBO}_5/\text{L};$$

Eficiência:

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100 = \frac{162 - 32,4}{162} \quad E = 80\%;$$

O grau de energia introduzido nas lagoas aeradas é suficiente para garantir a oxigenação e manter os sólidos em suspensão e a biomassa dispersos na massa líquida. Devido a isto, o efluente que sai de uma lagoa aerada, possui uma grande quantidade de sólidos suspensos e não é adequado para ser lançado diretamente no corpo receptor. Para que ocorra a sedimentação e estabilização destes sólidos é necessária à inclusão de unidade de tratamento complementar, que neste caso, são as lagoas de decantação (Bernardes, 2004).

Dados de entrada: Tempo de Detenção Hidráulico: 2 dias; Altura da zona de clarificação: 1 m; Altura da zona de acúmulo de lodo: 1,5 m; Vazão: 95 m³/d;

Volume:

$$V = TDH \times Q = 2 \times 95 \quad V = 190 \text{ m}^3/\text{d};$$

Dimensões: Profundidade útil: 2,5 m; Borda Livre: 0,5 m; Superfície: 196 m²; Espelho d'água: 167,32 m²; Fundo: 53,82 m²;

A função da lagoa de decantação não é a remoção e sim a retenção dos sólidos em suspensão oriundos das lagoas de mistura completa, assim a concentração de saída do efluente será a mesma das lagoas aeradas.

Todos os dados apresentados pela empresa serviram de base para o monitoramento do Aterro Sanitário Municipal e serviram de auxílio para as tomadas de decisão.

2.2. Sistema de coleta seletiva de resíduos sólidos

Foi analisado o sistema de coleta seletiva dos resíduos sólidos urbanos do município de Lages - SC. A análise teve como finalidade apontar as principais deficiências no sistema, assim como indicar quais fatores poderiam ser melhorados em todo o processo. Para isso, levou-se em conta os seguintes fatores: abrangência, frota e Ponto de Entrega Voluntária (PEV).

Quanto à abrangência, foram verificados quantos bairros estavam sendo contemplados com a coleta seletiva de resíduos sólidos no município. Para a frota, foi realizada a contagem do número de caminhões que realizam a coleta seletiva, e para os PEVs, verificou-se a necessidade e a viabilidade da implantação dos mesmos no município. Os PEVs são containers fechados instalados em locais com grande fluxo e de fácil acesso ao público, permitindo também manobras de caminhões que fazem o seu deslocamento.

2.3. Educação Ambiental

Segundo Ashley (2006), o caminho para uma sociedade sustentável requer uma nova perspectiva sobre os impactos das decisões e ações de todos os agentes sociais. É necessário buscar a responsabilidade social de todos os indivíduos, das organizações, instituições, dos núcleos familiares e da comunidade local, a fim de promover a educação ambiental e, assim, garantir a sobrevivência do planeta.

Para que a educação ambiental colabore com a construção de uma nova concepção de ambiente e de um novo cidadão, seus princípios devem ser sempre a base para qualquer ação ambiental educativa. Tendo isto em mente, percebe-se seu cunho político, fazendo-se necessário que o educador tenha consciência de seu papel e da complexidade de seu trabalho (Gonzales et al., 2013).

Foram realizadas palestras para o público infantil, jovem e adulto em escolas públicas municipais, com a finalidade de promover a educação ambiental na população desta faixa etária, tornando a separação dos resíduos sólidos um hábito na sociedade e não uma obrigação. Nas palestras deu-se ênfase aos problemas advindos da má disposição dos resíduos sólidos e ao incentivo à separação adequada dos resíduos sólidos, explicando os benefícios da coleta seletiva e da reciclagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Aterro Sanitário Municipal

Através das pesagens realizadas pela empresa, observou-se que o volume mensal de resíduos sólidos nos anos de 2010, 2011 e 2012 que chegaram ao aterro foi de aproximadamente 2.000 toneladas (Tabelas 1, 2 e 3).

Tabela 1 - Pesagem de resíduos sólidos mensal no ano de 2010.

Ano	Mês	Total (Toneladas)
2010	Janeiro	2.301,60
2010	Fevereiro	2.386,40
2010	Março	2.021,20
2010	Abril	2.230,10
2010	Maiο	2.284,40
2010	Junho	2.321,20

2010	Julho	2.132,60
2010	Agosto	2.287,40
2010	Setembro	2.246,30
2010	Outubro	2.153,20
2010	Novembro	2.335,40
2010	Dezembro	2.409,20
		27.129,00

Fonte: ESA Construção, Projetos e Tecnologia Sanitária Ltda.

Tabela 2 - Pesagem de resíduos sólidos mensal no ano de 2011.

Ano	Mês	Total (Toneladas)
2011	Janeiro	2.102,98
2011	Fevereiro	2.450,41
2011	Março	2.136,97
2011	Abril	2.306,02
2011	Maio	2.342,38
2011	Junho	2.355,74
2011	Julho	2.213,40
2011	Agosto	2.381,23
2011	Setembro	2.338,20
2011	Outubro	2.347,42
2011	Novembro	2.359,35
2011	Dezembro	2.422,44
		27.756,54

Fonte: ESA Construção, Projetos e Tecnologia Sanitária Ltda.

Tabela 3 - Pesagem de resíduos sólidos mensal no ano de 2012.

Ano	Mês	Total (Toneladas)
2012	Janeiro	2.551,54
2012	Fevereiro	2.565,52
2012	Março	2.279,26
2012	Abril	2.450,10
2012	Maio	2.477,50
2012	Junho	2.477,50
2012	Julho	2.404,90
2012	Agosto	2.506,54
2012	Setembro	2.422,12
2012	Outubro	2.473,26
2012	Novembro	2.543,91
2012	Dezembro	2.577,82
		29.729,97

Fonte: ESA Construção, Projetos e Tecnologia Sanitária Ltda, 2013.

Observando-se as Tabelas 1 e 3 relativas aos anos de 2010 e 2012 respectivamente, houve um aumento de 9,59% na geração de resíduos dispostos no aterro sanitário. O gráfico (Figura 5) mostra o acúmulo anual de resíduos sólidos entre os anos de 2010 e 2012.

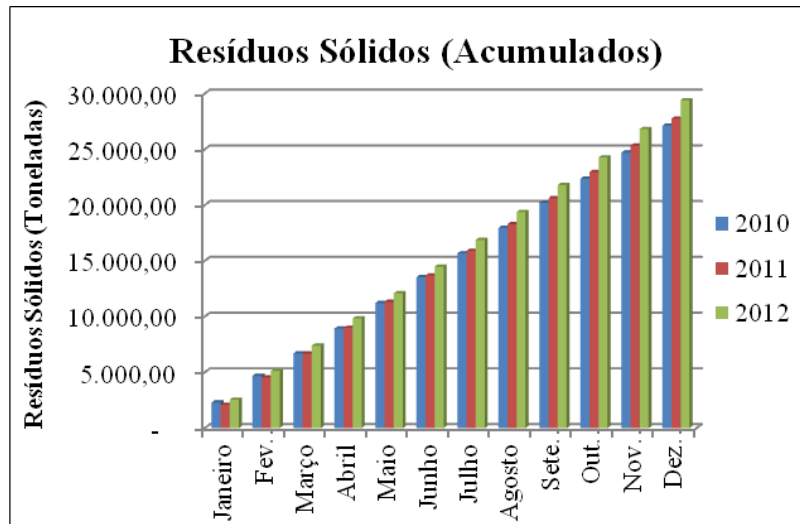


Figura 5 - Resíduos sólidos acumulados anualmente no Aterro Sanitário, 2013.

Com esse acréscimo fica evidente a necessidade de alternativas que solucionem o problema da disposição final dos resíduos sólidos, pois o mesmo ocasiona a diminuição da vida útil do aterro sanitário. Os resultados necessários poderão ser obtidos através da coleta seletiva e da reciclagem, paralelamente à educação ambiental aplicada na sociedade.

Durante a avaliação dos serviços prestados pela empresa foram constatadas as seguintes irregularidades: dificuldade no acesso à frente de trabalho, ausência de drenos de gás, uso de material inadequado para a impermeabilização, drenagem pluvial ausente ou obstruída, ausência do processo de compactação dos resíduos sólidos, ausência de revegetação dos taludes definitivos, resíduos sólidos expostos no aterro, ausência de responsável técnico, e disposição do chorume em local inadequado.

As vias de acesso à frente de trabalho (Figura 6) se encontravam em uma inclinação acima do desejado, fazendo com que, principalmente em dias chuvosos, os caminhões de coleta dos resíduos não conseguissem chegar ao local adequado para a disposição dos resíduos, acarretando na disposição em lugares inadequados.



Figura 6 - Via de acesso à frente de trabalho.

Foi observada durante as visitas ao aterro, a falta dos drenos dos gases provenientes dos resíduos sólidos. Por erros operacionais esses drenos acabaram sendo soterrados à medida com em que se iam sendo construídas novas camadas de células. A obstrução dos drenos resulta no acúmulo de gases dentro da célula formando bolsões, aumentando a pressão dentro da célula e fazendo com que a mesma se rompa.

A impermeabilização das células estava sendo feita somente com a manta de PEAD, não sendo aplicada a camada de argila necessária para assegurar que não haja infiltração de chorume.

A ausência do sistema de drenagem pluvial (Figura 7) acarreta em problemas como a erosão dos taludes e aumento na vazão dos sistemas de tratamento. Os sedimentos erodidos pela ação das precipitações acabavam obstruindo os sistemas de drenagem já existentes (Figura 8), o que agravava ainda mais o problema. Como a vazão do sistema aumentava o mesmo ficava sobrecarregado em períodos de precipitação demasiada, havendo situações de transbordo nas lagoas.



Figura 7 - Deficiências na drenagem pluvial.

Fonte: SEMMASP, 2013.



Figura 8 - Sistema de drenagem pluvial obstruído.

Fonte: SEMMASP, 2013.

A compactação dos resíduos sólidos com o maquinário necessário não estava sendo realizada o que poderia ocasionar desmoronamentos por falta de estabilidade das células construídas.

Na face oeste do aterro foram construídas as primeiras células de resíduos sólidos e os taludes formados por estas serão definitivos, pois se encontram na periferia dos resíduos, estes taludes por serem definitivos já deveriam estar sendo revegetados para se evitar o processo de erosão, o que não estava ocorrendo (Figura 9).



Figura 9 - Taludes definitivos sem cobertura vegetal.

Fonte: SEMMASP, 2013.

Durante todo o período de visitas feitas ao aterro sanitário observou-se resíduos sólidos sem cobertura (Figura 10), o que resultava na emissão de gases poluentes e na presença de animais vetores de doenças.



Figura 10 - Resíduos sólidos sem cobertura.

Fonte: SEMMASP, 2013.

3.2. Sistema de coleta seletiva de resíduos sólidos

O município de Lages conta com 69 bairros; destes, somente 43 estão sendo contemplados com a coleta seletiva municipal, ou seja, 37,68% do município ainda não estão recebendo o serviço de coleta seletiva.

Atualmente a frota do município dispõe de apenas 2 caminhões para a coleta seletiva, o que explica o fato de a coleta não conseguir abranger todo o município.

Quanto ao sistema de PEV^{os}, o mesmo se mostra muito eficiente em algumas cidades brasileiras, porém é um sistema muito oneroso e assim, inviável para o município.

3.3. Educação Ambiental

Foram ministradas palestras para pais e alunos do 6º ao 9º ano, cujo objetivo foi sensibilizar o público para realizar a separação adequada dos resíduos sólidos, separando os resíduos inorgânicos (lixo seco) dos orgânicos (lixo úmido).

Para o público infantil a abordagem consistiu em usar imagens e informações impactantes visando justamente à sensibilização ambiental.

Para o público adulto a abordagem foi focada no uso de bens públicos para custear os serviços tanto de coleta como de disposição final dos resíduos sólidos.

A educação ambiental é um processo no qual os resultados são obtidos em longo prazo, porém foi percebida, principalmente no público infantil, uma sensibilização já formada na questão ambiental.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto ao aterro sanitário municipal, observou-se que o mesmo estava operando em condições irregulares, pois as vias de acesso à frente de trabalho, os drenos de gás e o sistema de drenagem pluvial se encontravam comprometidos. Outros processos como a impermeabilização do solo com argila, a compactação dos resíduos sólidos, a revegetação dos taludes definitivos e a cobertura dos resíduos sólidos eram inexistentes.

Quanto ao sistema de coleta seletiva do município, o mesmo abrange somente 62,32% dos bairros, havendo a necessidade da ampliação da frota da coleta. Como o município não dispõe de recursos atualmente, o sistema de PEV's não é economicamente viável.

Para obtenção dos resultados esperados pela coleta seletiva é necessária à correta separação dos resíduos sólidos pela população; por isso a educação ambiental é uma ferramenta essencial para atingir as metas para o sistema de coleta seletiva funcionar adequadamente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdala, W. J; DE Andrade, J. B; Rodrigues F. M. 2007. Educação Ambiental e Coleta Seletiva: Importância e Contextualização no Mundo Atual. Disponível em: <revista.unioeste.br/index.php/travessias/article/view/2907>. Acesso em: 15 out. 2013.

Abes/Sc: Associação Brasileira De Engenharia Sanitária E Ambiental. 2012. Projeto de cooperação técnico-científico entre o ministério público de Santa Catarina e Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental ó seção Santa Catarina relatório final. Relatório contendo os resultados do plano de pesquisa. p. 138. Disponível em: <http://www.fatma.sc.gov.br/ckfinder/userfiles/arquivos/relatrio_abes-mp_verso_final.pdf>. Acesso em: 19 set. 2013.

Ashley, A. P. 2006. Ética e Responsabilidade Social nos Negócios. 2. ed. São Paulo: Saraiva. p.340.

Bernardes, R. S.; Soares, S. R. A. 2004. Esgotos Combinados e Controle da Poluição: Estratégias para Planejamento do Tratamento da Mistura de Esgotos Sanitários e Águas Pluviais. Brasília. Embrapa Amapá. p.160.

Cetesb - Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo (São Paulo). 2013. Aterro Sanitário. Disponível em: <cetesb.sp.gov.br/mudancasclimaticas/biogas/Aterro%20Sanit%C3%A1rio/21Aterro%20Sanit%C3%A1rio>. Acesso em: 20 set. 2013.

Fernandes, V.; Nunes, M. R.; Philippi Junior, A. 2012. Gestão Ambiental Municipal: objetivos, instrumentos e agentes. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, número 23. Disponível em: <rbciamb.com.br/images/online/Materia_7_artigos309.pdf>. Acesso em: 27 set. 2013.

Gonzalez, L. T. V.; Tozoni-Reis, M. F. de C.; Diniz, R. E. da S. 2007. Educação ambiental na comunidade: uma proposta de pesquisa. Revista eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental. v.18, jan/jun. p.379-398. Disponível em: <<http://www.seer.furg.br/remea/article/view/3386/2032>>. Acesso em: 05 out. 2013.

_____. Lei nº 9.605, de 12 de novembro de 1998. Trata das sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial [da União]. Brasília, 02 fev. 1998.

_____. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Estabelece as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]; Brasília, 02 ago. 2010.



Nunesmaia, M. de F. 2002. A Gestão de Resíduos Urbanos e suas limitações. Revista Baiana de Tecnologia ó SSA, v.17, n° 1, jan/abr. p.120 -129. Disponível em: <unit.br/mestrado/saudeambiente/leitura2008/Gestao%20de%20Res%EDduos%20Urbanos%20(Nunesmaia%202002).pdf>. Acesso em: 02 out. 2013.

Oliveira, R. M. M. 2012. Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos: O Programa de Coleta Seletiva da Religião Metropolitana de Belém - PA. Belém, Disponível em: <unama.br/novoportal/ensino/mestrado/programas/desenvolvimento/attachments/article/131/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Mestrado%20Roberta%20Oliveira.pdf>. Acesso em: 20 out. 2013.

_____. Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial [da União], Brasília, DF, 17 mar. 2005.

SEMMASP. 2013. Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Serviços Públicos. Lages - SC.

Uehara, M. Y.; Vidal, W. L. 1989. Operação de Lagoas Anaeróbias e Facultativas. CETESB: São Paulo.

Von Sperling, M. 2005. Introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgotos. v.1, 3ª Ed. Belo Horizonte, p. 452.