



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

IANA CARMEM DE SOUZA E SILVA AVILA

CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DO SUBSOLO DA ÁREA URBANA DE BOA
VISTA – RR, A PARTIR DE SONDAGENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO.

Boa Vista

2007

IANA CARMEM DE SOUZA E SILVA AVILA

**CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DO SUBSOLO DA ÁREA URBANA DE BOA
VISTA – RR, A PARTIR DE SONDAGENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Recursos Naturais do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais – PRONAT da Universidade Federal de Roraima como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais, com área de concentração em Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas.

Orientador: Prof. Dr. Renato Augusto de Oliveira Evangelista.

Boa Vista

2007

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)

A958c Avila, Iana Carmem de Souza e Silva.
Caracterização preliminar do subsolo da área urbana de Boa Vista-RR, a partir de sondagens de simples reconhecimento / Iana Carmem de Souza e Silva Avila. -- Boa Vista, 2007.

88 f.

Orientador: Profº. Dr. Renato Augusto de Oliveira Evangelista.

Monografia (Especialização) – Recursos Naturais – Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas. Universidade Federal de Roraima.

1 – Geologia. 2 – Geotécnica. 3 – Perfuração. 4 - Sondagem SPT. 5 – Vulnerabilidade. 6 – Roraima. I- Título. II – Evangelista, Renato Augusto de Oliveira.

CDU – 550.8:624.34

IANA CARMEM DE SOUZA E SILVA ÁVILA

“CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DO SUBSOLO DA ÁREA URBANA DE BOA VISTA-RR, A PARTIR DE SONDAgens DE SIMPLES RECONHECIMENTO”

Dissertação apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Mestrado em Recursos Naturais da Universidade Federal de Roraima, defendida em 03 de dezembro de 2007 e avaliada pela seguinte Banca Examinadora:



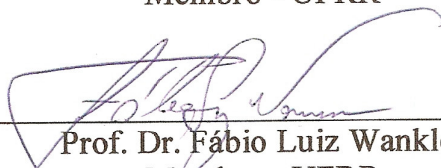
Prof. Dr. Renato Augusto de Oliveira Evangelista
Orientador - UFRR



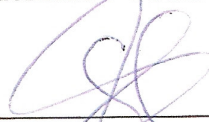
Dr. Márcio Luiz da Silva
Membro - INPA



Profa. Dra. Cláudia Márcia Coutinho Gurjão
Membro - UFRR



Prof. Dr. Fábio Luiz Wankler
Membro - UFRR



Prof. Dr. Stélio Soares Tavares Júnior
Membro - UFRR

DEDICATÓRIA

Ao Rodrigo Edson Castro Avila.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus Soberano, meu Criador, Pai Eterno Rei e Senhor, Rosa de Saron, Estrela da manhã.

À Jesus, pelo seu sacrifício na cruz;

Ao Espírito Santo de Deus, que me acompanha no meu deitar e no meu levantar.

Ao meu esposo Rodrigo Edson Castro Avila, minha dedicada e amorosa metade.

À Sarah Sumar Silva Avila, presente e herança do Senhor.

Aos meus pais Luiz Carlos Prata e Silva e Iolanda Honorato de Souza, escolhidos por Deus para transmitirem seu amor, caráter e propósito à minha existência. À eles minha honra, obediência e gratidão.

Às dedicadas Lídia Sumar Castro Ávila (minha querida sogra), Iolanda Honorato de Souza (minha mãe), Josefa Rodrigues e Isabel Silva (secretárias), a quem confiei os cuidados da minha princesa Sarah Sumar Silva Ávila durante as aulas, pesquisa e produção deste documento.

À todos os voluntários do Projeto Semear e a todas as crianças atendidas, com as quais tem aprendido a cada dia.

Ao oceanógrafo, marinheiro e psicanalista José João da Silva, meu pastor.

À todos que intercederam por mim durante as dificuldades.

Às amigas Lucimara Araújo de Almeida e Giane dos Santos Alves, pelo início deste sonho juntas – estudando para a seleção.

À UFRR, Universidade pública e gratuita.

Ao PRONAT, especialmente prof. Dr. Marcos Salgado Vital, Profa. Gardênia e D. Inácia, pela dedicação à frente deste Programa.

Ao meu orientador, prof. Dr. Renato Augusto Oliveira Evangelista pelo acompanhamento durante este período.

Ao IGEO pelo empréstimo de alguns equipamentos, na pessoa do prof. Dr. Fábio.

Ao IBAMA, pelo apoio na pessoa da Superintendente Nilva Cardoso Baraúna e Jônia do Departamento de Recursos Humanos.

À equipe de sondagem: Moisés, Sérgio e Pádua.

Aos colegas de trabalho, especialmente à todos que compreenderam minhas muitas ausências e correria durante este período.

Ao Luiz Mário Severo Ávila, meu inestimável sogro, grande entusiasta deste projeto, que me acompanhou durante o levantamento dos pontos, cedendo os equipamentos de georreferenciamento, tempo e disposição.

Aos funcionários de RC Engenharia que dividiram comigo seu ambiente de trabalho durante a finalização desta caminhada: Ieda, Ivandra, Edésio, Israel, Neide, Ednilson, Israel.

Ao Paulo, pelo recorte dos polígonos da cidade, e pela amizade.

Ao Sr. Adaltivo Farias S. filho do 1º Distrito de meteorologia AM, AC e RR.

Ao Sr. Rômulo Cruz, da estação meteorológica INMET / RR.

A Karulyne Taveira Maia, pelo apoio e auxílio durante a digitação, organização e impressão dos boletins de sondagem.

Ao Francisco dos Santos Panero, pelas imensuráveis contribuições.

À bibliotecária do CPRM em Manaus – AM.

Ao Marcelo do INPA – AM, por alguns esclarecimentos iniciais importantes.

À Neucely Modesto Rolim. Sua companhia foi fundamental durante esta caminhada. Um agradável presente de Deus.

Ao colega Osmar Borges, pelas fotos e bibliografias.

À Rita de Cássia da EMBRAPA, pelas contribuições e sugestões.

À competente Ana Paula, pela contribuição na revisão ortográfica.

RESUMO

O Estado de Roraima localiza-se no extremo norte do Brasil, faz limites ao Norte com os Municípios de Amajari e Pacaraima; ao Sul como os Municípios de Mucajaí e Alto Alegre; ao Leste com os municípios de Bonfim e Cantá. O trabalho foi desenvolvido na área urbana de Boa Vista, as variáveis estudadas foram: altitude, nível da água e limite de sondagem objetivando a caracterização preliminar do subsolo de Boa Vista, através de sondagens de simples reconhecimento. Foram utilizados 75 pontos dos quais 47 do banco de dados da empresa A.P. Engenharia e RC engenharia nos anos de 1994 à 2007 e mais 28 dados levantados durante a pesquisa. Foi realizado a análise multivariada para o conhecimento de padrões não supervisionados as técnicas de Análise de Componentes Hierárquicos confirmados pela Análise de Componentes Principais. Com isto foram identificadas 3 Zonas para a Cidade de Boa Vista: Menos Vulneráveis; Zona 1 - englobando somente o bairro Cidade Satélite e Zona 3 - os bairros Aquilino da Mota Duarte, bairro Centro e seu transecto até o bairro Caçari, bairro Caçari e bairro Paraviana.; Mais vulneráveis: Zona 2 - todos os bairros localizados após o limite da BR 174, sentido leste, com exceção do Bairro Aquilino da Mota Duarte e os bairro entre a BR 174, Centro, Caçari e Paraviana. A média do Nível de água (NA) da cidade foi de 6,3m, os bairros com maior curva de nível se enquadraram nos bairros de menos vulnerabilidade; nos pontos Cecília Brasil, Cel Mota, Ig Mirandinha, Av Gen Sampaio registraram NA na superfície; o solo mais resistente foi o ponto Centro SEFAZ, no bairro Centro com limite de sondagem de 1,1m, o solo com menor resistência foi o ponto BR 174 localizado em área de cerrado após a ponte do Cauamé. Após a determinação das zonas menos e mais vulneráveis foi realizada uma análise de granulometria para representar cada zona, que classificou o material do ponto mais vulnerável como areia franca e franco arenoso e para o ponto representante da zona menos vulnerável apresentou a classificação do material como franco argilo arenoso e franco arenoso. Portanto, há a necessidade de se avaliar as atividades potencialmente poluidoras de águas subterrâneas como localização de cemitérios, na construção de fossas sépticas e no monitoramento de postos de combustível. Assim os resultados deste trabalho servirão como mais uma ferramenta de análise ambiental para uma tomada de decisão embasada e dentro do mais viável econômico social e ambiental.

Palavras-chave: Sondagem SPT; vulnerabilidade; Roraima.

ABSTRACT

The State of Roraima one bes situated in the extreme north of Brazil. It has as capital the city of Boa Vista and makes limits to the north with cities of Amajari and Pacaraima; to the south with the cities of Mucajaí and Alto Alegre; to the east with the cities of Bonfim and Cantá. Considering all the urban construction of Boa Vista, the following variables had been studied: altitude, water level and limit of probing, objectify the preliminary characterization of the subsoil of Boa Vista through probing of simple recognition. Had been used 75 point whose 47 were from the data base of the company A.P Engineering and RC engineering in the year of 1994 to the 2007 and more 28 data raise during the research. Was accomplished the analysis of multivary for the knowledge of standard not supervised according to the technique of Analysis of Hierarchic Component confirm by the Analysis of the Major result. With this 3 Zones for the City of Boa Vista had been identified: Less Vulnerable; Zone 1 - only englobando the Cidade Satelite districts and Zone 3 - the Aquilino da Mota Duarte districts, Centro districts and its transecto until the Caçari districts , Caçari districts and Paraviana districts; More vulnerable: Zone 2 - all the districts located after the limit of BR 174, felt east, with exception of the Aquiline districts of the Mota Duarte and the districts between BR 174, Center, Caçari and Paraviana. The average of the water Level (In) of the city was of 6,3m, the districts with bigger curve of level if they had fit in the districts of little vulnerability; in the points Cecília Brasil, Cel Mota, Ig Mirandinha, Av Gen Sampaio they had registered In the one in the surface; the ground most resistant was the point Center SEFAZ, in the Center districts with limit of sounding of 1,1m, the ground with lesser resistance was located point BR 174 in area of after closed the bridge of the Cauamé. After the determination of the zones and less vulnerable was carried through a granulometria analysis to represent each zone, that classified the material of the point more vulnerable as frank sand and frank arenaceous and for the representative point of the zone less vulnerable it presented the classification of the material as frank argilo arenaceous and frank arenaceous. Therefore, has the necessity of if evaluating the potentially polluting activities of underground waters as localization of cemeteries, in the septic construction of sewerage system and the monitoring of fuel ranks. Thus, the results of this work will serve as plus ambient indicatives for a taking of decisions of public politics, considering the economic, social and ambient factors.

Keywords: Standard Penetration Test; Vulnerability; Roraima.

RESUMO

O Estado de Roraima localiza-se no extremo norte do Brasil, faz limites ao Norte com os Municípios de Amajari e Pacaraima; ao Sul como os Municípios de Mucajaí e Alto Alegre; ao Leste com os municípios de Bonfim e Cantá. O trabalho foi desenvolvido na área urbana de Boa Vista, as variáveis estudadas foram: altitude, nível da água e limite de sondagem objetivando a caracterização preliminar do subsolo de Boa Vista, através de sondagens de simples reconhecimento. Foram utilizados 75 pontos dos quais 47 do banco de dados da empresa A.P. Engenharia e RC engenharia nos anos de 1994 à 2007 e mais 28 dados levantados durante a pesquisa. Foi realizado a análise multivariada para o conhecimento de padrões não supervisionados as técnicas de Análise de Componentes Hierárquicos confirmados pela Análise de Componentes Principais. Com isto foram identificadas 3 Zonas para a Cidade de Boa Vista: Menos Vulneráveis; Zona 1 - englobando somente o bairro Cidade Satélite e Zona 3 - os bairros Aquilino da Mota Duarte, bairro Centro e seu transecto até o bairro Caçari, bairro Caçari e bairro Paraviana.; Mais vulneráveis: Zona 2 - todos os bairros localizados após o limite da BR 174, sentido leste, com exceção do Bairro Aquilino da Mota Duarte e os bairro entre a BR 174, Centro, Caçari e Paraviana. A média do Nível de água (NA) da cidade foi de 6,3m, os bairros com maior curva de nível se enquadraram nos bairros de menos vulnerabilidade; nos pontos Cecília Brasil, Cel Mota, Ig Mirandinha, Av Gen Sampaio registraram NA na superfície; o solo mais resistente foi o ponto Centro SEFAZ, no bairro Centro com limite de sondagem de 1,1m, o solo com menor resistência foi o ponto BR 174 localizado em área de cerrado após a ponte do Cauamé. Após a determinação das zonas menos e mais vulneráveis foi realizada uma análise de granulometria para representar cada zona, que classificou o material do ponto mais vulnerável como areia franca e franco arenoso e para o ponto representante da zona menos vulnerável apresentou a classificação do material como franco argilo arenoso e franco arenoso. Portanto, há a necessidade de se avaliar as atividades potencialmente poluidoras de águas subterrâneas como localização de cemitérios, na construção de fossas sépticas e no monitoramento de postos de combustível. Assim os resultados deste trabalho servirão como mais uma ferramenta de análise ambiental para uma tomada de decisão embasada e dentro do mais viável econômico social e ambiental.

Palavras-chave: Sondagem SPT; vulnerabilidade; Roraima.

ABSTRACT

The State of Roraima one bes situated in the extreme north of Brazil. It has as capital the city of Boa Vista and makes limits to the north with cities of Amajari and Pacaraima; to the south with the cities of Mucajaí and Alto Alegre; to the east with the cities of Bonfim and Cantá. Considering all the urban construction of Boa Vista, the following variables had been studied: altitude, water level and limit of probing, objectify the preliminary characterization of the subsoil of Boa Vista through probing of simple recognition. Had been used 75 point whose 47 were from the data base of the company A.P Engineering and RC engineering in the year of 1994 to the 2007 and more 28 data raise during the research. Was accomplished the analysis of multivary for the knowledge of standard not supervised according to the technique of Analysis of Hierarchic Component confirm by the Analysis of the Major result. With this 3 Zones for the City of Boa Vista had been identified: Less Vulnerable; Zone 1 - only englobando the Cidade Satelite districts and Zone 3 - the Aquilino da Mota Duarte districts, Centro districts and its transecto until the Caçari districts , Caçari districts and Paraviana districts; More vulnerable: Zone 2 - all the districts located after the limit of BR 174, felt east, with exception of the Aquiline districts of the Mota Duarte and the districts between BR 174, Center, Caçari and Paraviana. The average of the water Level (In) of the city was of 6,3m, the districts with bigger curve of level if they had fit in the districts of little vulnerability; in the points Cecília Brasil, Cel Mota, Ig Mirandinha, Av Gen Sampaio they had registered In the one in the surface; the ground most resistant was the point Center SEFAZ, in the Center districts with limit of sounding of 1,1m, the ground with lesser resistance was located point BR 174 in area of after closed the bridge of the Cauamé. After the determination of the zones and less vulnerable was carried through a granulometria analysis to represent each zone, that classified the material of the point more vulnerable as frank sand and frank arenaceous and for the representative point of the zone less vulnerable it presented the classification of the material as frank argilo arenaceous and frank arenaceous. Therefore, has the necessity of if evaluating the potentially polluting activities of underground waters as localization of cemeteries, in the septic construction of sewerage system and the monitoring of fuel ranks. Thus, the results of this work will serve as plus ambient indicatives for a taking of decisions of public politics, considering the economic, social and ambient factors.

Keywords: Standard Penetration Test; Vulnerability; Roraima.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Distribuição dos Ensaio <i>SPT</i> , deste trabalho, por bairro, na cidade de Boa Vista	33
TABELA 2	Resultados da análise de textura, realizada no laboratório de análise de solos e plantas – LASP/ EMBRAPA.....	59
TABELA 3	Quadro resumo da identificação do solo através da textura correspondente a uma amostra do agrupamento do ponto 46 (UFRR1) e ponto 01 (Ene Garcês).....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Representação esquemática da distribuição vertical da água no solo e subsolo, diferenciando zona de aeração e zona de saturação.....	16
Figura 2	Seção transversal esquemática de uma fossa séptica redox.....	20
Figura 3	Mapa Parcial do Estado de Roraima, com destaque a área de ocorrência da Formação Boa Vista.....	27
Figura 4	Mapa de Vulnerabilidade do perímetro urbano do Município de Boa Vista.....	28
Figura 5	Distribuição das regiões climáticas de Roraima, segundo a classificação de Köppen: Af - constantemente úmido, Aw - verão úmido e inverno seco e Am - chuvas do tipo moção.....	30
Figura 6	Foto aérea do Estado de Roraima, em verde a região florestada e em rosa a região de savana	31
Figura 7	A– Croqui de localização do ponto BUMM0034. e B Imagem do Ponto BUM0034, com o equipamento em funcionamento (base).....	35
Figura 8	A: Aparelhagem padrão em funcionamento, na UFRR e B: Amostrador padrão – componente coletor das amostras de solo, no detalhe superior o amostrador fechado e no detalhe inferior o amostrador aberto, com solo argiloso coletado.....	38
Figura 9	Modelo de Boletim de perfil de sondagem de simples reconhecimento, conforme determinado na NBR 6884:2001.....	39
Figura 10	Gráfico dos Scores, PC1 vs PC2, 89,88% de variação total, dados autoescalados, caracterização das zonas 1A (Bairro Cidade Satélite) e 1B (Limite entre os bairros Bela Vista e Nova Cidade, Operário, Senador Hélio Campos, Limite entre os bairro Santa Luzia e Pintolândia e Alvorada).....	45
Figura 11	Gráfico de loadings, PC1 x PC2, 89,88% de variação total, dados autoescalados, influência das variáveis sobre as amostras da zona 1A (bairro Cidade Satélite).....	46
Figura 12	Dendrograma dos dois grandes grupos formados pela Análise de Componente Hierárquico – HCA separando zona 1 em zona 1A (Limite entre os bairros Bela Vista e Nova Cidade, Operário, Senador Hélio Campos, Limite entre os bairro Santa Luzia e Pintolândia e Alvorada) e Zona 1B (bairro Cidade Satélite).....	47

Figura 13	Representação das mostras das Zonas 2 – (bairros Governador Aquilino da Mota Duarte, Raiar do Sol, Joquei Clube, Cinturão verde, Tancredo Neves, Jardim Floresta, 13 de Setembro, Calunga, Dos Estados, São Francisco, Canarinho, Aparecida, 31 de Março, Paraviana e Caçari) e zona 3 – (São Pedro, Centro, São Francisco, Mecejana, São Vicente, Caçari, Paraviana e parte do trajeto da BR 174) na PC1xPC2, dados de 1994 a 2007.....	49
Figura 14	Gráfico de loadings, PC1 x PC2 dos parâmetros limite de sondagem, altitude e nível de água, relativos às zonas 2 (bairros Governador Aquilino da Mota Duarte, Raiar do Sol, Joquei Clube, Cinturão verde, Tancredo Neves, Jardim Floresta, 13 de Setembro, Calunga, Dos Estados, São Francisco, Canarinho, Aparecida, 31 de Março, Paraviana e Caçari) e zona 3 – (bairros São Pedro, Centro, São Francisco, Mecejana, São Vicente, Caçari, Paraviana e parte do trajeto da BR 174). Dados de 1994 a 2007	50
Figura 15	Dendrograma dos dois grande grupos formados pela análise de componente Hierárquico – HCA, separando Zona 2 – (bairros Governador Aquilino da Mota Duarte, Raiar do Sol, Joquei Clube, Cinturão verde, Tancredo Neves, Jardim Floresta, 13 de Setembro, Calunga, Dos Estados, São Francisco, Canarinho, Aparecida, 31 de Março, Paraviana e Caçari) e Zona 3 – (bairros São Pedro, Centro, São Francisco, Mecejana, São Vicente, Caçari, Paraviana e parte do trajeto da BR 174).....	51
Figura 16	Foto aérea da cidade de Boa Vista no ano de 1971, com setas evidenciando o transecto do bairro Centro até os bairros Caçari e Paraviana.....	52
Figura 17	Mapa de Boa Vista, com a rede de esgoto da cidade evidenciada pela cor vermelha. Fonte: Núcleo de Projetos e Obras / NPO/ CAER, (2007).....	54
Figura 18	Foto aérea do centro da cidade de Boa Vista, 1970.....	55
Figura 19	Foto aérea da cidade de Boa Vista em 1960.....	58
Figura 20	Foto de satélite evidenciando a ocupação populacional atual.....	58
Figura 21	Variação textural das 3 sub-amostras do Centro.....	60
Figura 22	Variação textural das 3 sub-amostras da UFRR.....	60
Figura 23	Amostras UFRR: A - areia franca, B franco arenoso e C franco arenoso.....	62
Figura 24	Amostras CENTRO: A - franco argilo arenoso, B - franco arenoso e C - franco arenoso.....	62

SUMÁRIO

	RESUMO	
	ABSTRACT	
	LISTA DE TABELAS	
	LISTA DE FIGURAS	
1	INTRODUÇÃO	14
1.1	APRESENTAÇÃO.....	14
	.	
1.2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA CONCERNENTE AO ESTUDO	14
1.2.1	Água subterrânea.....	14
1.2.2	Poluição do subsolo e Aquífero.....	17
1.2.2.1	<i>Generalidades</i>	17
1.2.2.2	<i>Fossas Sépticas</i>	19
1.2.2.3	<i>Tanques de armazenamento de combustível</i>	21
1.2.2.4	<i>Cemitérios</i>	22
1.2.3	Sondagem SPT.....	23
1.3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	24
1.3.1	Origem, crescimento e ocupação da cidade de Boa Vista.....	24
1.3.2	Aspectos fisiográficos de Boa Vista.....	26
1.3.2.1	<i>Geologia e Hidrogeologia</i>	26
1.3.2.2	<i>Tipos de solo</i>	29
1.3.2.3	<i>Aspectos hidroclimáticos</i>	29
1.3.2.4	<i>Cobertura Vegetal</i>	31

2	OBJETIVOS.....	32
2.1	OBJETIVO GERAL.....	32
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	32
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	33
3.2	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E BASE DE DADOS.....	34
3.3	GEORREFERENCIAMENTO.....	34
3.4	OBTENÇÃO DOS ATRIBUTOS.....	35
3.4.1	Ensaio SPT (<i>Standard Penetration Test</i>)	35
3.4.2	Medição do nível do lençol freático.....	38
3.4.3	O Boletim de Sondagem.....	38
3.5	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	39
3.6	BANCO DE DADOS.....	40
3.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	41
3.8	GERAÇÃO DOS MAPAS.....	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1	GEORREFERENCIAMENTO E ALTIMETRIA.....	43
4.2	ANÁLISE ESTATÍSTICA E ZONEAMENTO.....	44
4.2.1	Dados de 2006.....	44
4.2.2	Banco de dados.....	48
4.3	PERFIS DE SONDAÇÃO E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	50
5	CONCLUSÕES.....	63
6	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	64
	REFERÊNCIAS.....	65
	APÊNDICES.....	71

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

O Estado de Roraima ainda caminha a passos lentos na pesquisa científica voltada ao conhecimento e preservação dos seus recursos naturais subterrâneos. O conhecimento do subsolo da cidade de Boa Vista se tornou um desafio, considerando seu pioneirismo. Por outro lado, dados de subsolo estão disponíveis em empresas que realizam prospecção de solo para fins da engenharia há muito tempo. Esta dissertação busca trazer estes dados à luz do zoneamento para propor políticas públicas e responder hipóteses acerca da uniformidade da Formação Boa Vista na qual a cidade está edificada, de forma a produzir informações para identificar meios sustentáveis para o uso racional destes Recursos Naturais, para as gerações atuais e futuras do estado de Roraima, dentro do tripé dos cuidados éticos, ecológicos e econômicos.

É importante ressaltar que a realização deste trabalho só foi possível a partir da parceria com a iniciativa privada, em função dos custos de inventário de prospecção que contabilizou 1.401,13 metros de perfuração para caracterizar a Zona 2 e 3 (banco de dados de 1994 a 2007) e mais 304,29 metros para caracterização da Zona 1 (levantados em 2006), o que corresponderia a um investimento de R\$ 238.758,8 (duzentos e trinta e oito mil, setecentos e cinquenta e oito reais e oito centavos), além dos georreferenciamento dos 75 pontos, que custariam mais R\$ 75.000,00 (setenta e cinco mil reais). Assim os órgãos ambientais, de planejamento, de abastecimento de água, etc., poderão ter acesso às informações aqui contidas, a custo zero, utilizando os resultados deste trabalho como mais uma ferramenta de análise para uma tomada de decisão mais embasada e dentro do mais viável econômico, social e ambiental.

1.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.2.1 Água subterrânea

A distribuição e disponibilidade de água potável no mundo surgem como um problema importante para a humanidade, em alguns lugares seu custo excede o de

combustíveis fósseis. Mas a disponibilidade de água já é um problema grave para uma significativa parcela da população mundial, sobretudo para os mais pobres. A problemática da água, assunto pouco abordado enquanto atingia apenas a parcela mais pobre da população, ainda referencia documentos recentes importantes que tratam a questão da água nos últimos 20 anos de forma extremamente tímida como “O Nosso Futuro Comum”, Relatório da Comissão de Brundtland, documentos do Rio-92, agenda 21 e a Carta da Terra (GONÇALVES, 2004).

O conhecimento sobre a porcentagem da distribuição da água no planeta que classicamente distribui a água como 97% de água salgada e apenas 3% de água doce, torna admirável o fato de que desses 3%, 97% desta água doce disponível na terra encontra-se no subsolo, portanto, menos de 0,3% da água potável disponível do planeta provém de águas superficiais. Tal recurso está sendo explorado pela humanidade desde 800 a.C. registradas na Pérsia e Egito.

O termo água subterrânea é descrito como: “uma solução diluída de inúmeros elementos e compostos sólidos, líquidos ou gasosos em proporções diversas, provenientes do ar, dos solos e das rochas (nas quais circula ou é armazenada) e do contato com as atividades humanas” (FEITOSA; FILHO, 1997, p. 87).

A denominação de “águas subterrâneas” para as águas do subsolo é considerada mais adequada, a partir da abordagem que evoluiu do objetivo tradicional de determinação das reservas de água disponíveis para usos do ponto de vista econômico e social, evoluindo para uma perspectiva ambiental abrangendo suas condições de uso e proteção. Por sua vez, a rocha que tem porosidade e permeabilidade passou a ser chamada aquífera. Sendo água subterrânea o manancial subterrâneo propriamente dito, que circula lentamente numa velocidade da ordem de cm/dia, sob a ação do gradiente hidráulico. Uma parte desse fluxo deságua na superfície dos terrenos, formando as fontes, olhos de água, abastece poços e outras formas de captação. A outra parte deságua nos rios, tornando-os perenes durante os períodos em que as precipitações atmosféricas são relativamente escassas, ou descarregam diretamente nos rios e lagos, estabelecendo uma estreita relação de interdependência e comunicação (REBOUÇAS et al, 2002).

Feitosa e Filho (1997), descrevem esquematicamente a distribuição vertical da água no solo e subsolo, conforme figura 1. Abaixo da superfície do terreno, a água contida no solo e nas formações geológicas é dividida ao longo da vertical basicamente em duas zonas horizontais, saturada e não saturada, de acordo com a proporção relativa do espaço poroso que

é ocupado pela água. Esquemáticamente estão distribuídas em: a) Zona saturada ou zona de saturação, que fica situada abaixo da superfície freática e nela todos os vazios existentes no terreno estão preenchidos com água. A superfície freática é definida com o lugar geométrico dos pontos em que a água se encontra submetida à pressão atmosférica; b) A zona não saturada, zona de aeração ou vadosa situa-se entre a superfície freática e a superfície do terreno e nela os poros estão parcialmente preenchidos por gases (ar e vapor de água). Essa zona se divide em três partes: (1) Zona capilar, que se estende da superfície freática até o limite da ascensão capilar da água. A sua espessura depende principalmente da distribuição de tamanho dos poros e da homogeneidade do terreno. Como a umidade decresce de baixo para cima, na parte inferior, próximo da superfície freática, os poros encontram-se praticamente saturados. Já nas partes superiores estão preenchidos com ar, de modo que o limite superior dessa zona tem uma forma irregular. Adota-se porém, o conceito de franja capilar como um limite acima do qual o solo é considerado praticamente saturado; (2) Zona intermediária, compreendida entre o limite de ascensão capilar da água e o limite de alcance das raízes, e água de retenção por forças não capilares; (3) Zona de água no solo, situa-se entre os extremos radiculares da vegetação e a superfície do terreno. A sua espessura, portanto, pode variar de poucos centímetros (na ausência de cobertura vegetal) até vários metros em regiões de vegetação abundante. Neste domínio, as plantas utilizam para as suas funções de transpiração e nutrição, água capilar isolada ou suspensa.

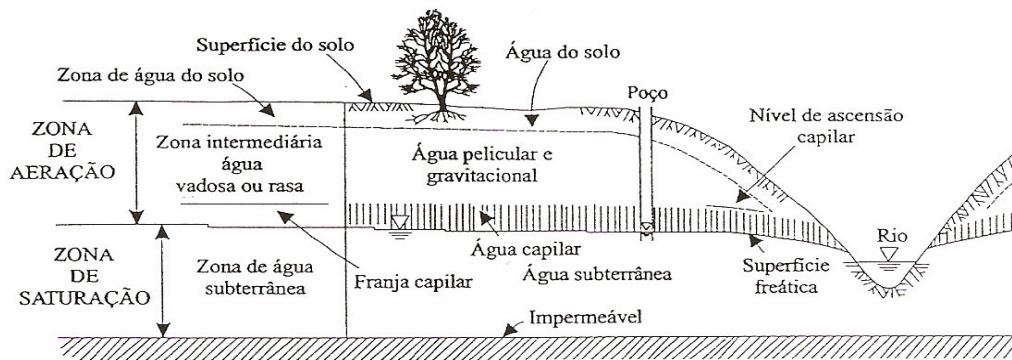


Figura 1 - Representação esquemática da distribuição vertical da água no solo e subsolo, diferenciando zona de aeração e zona de saturação.

Fonte: Feitosa e Filho (1997).

Dados estatísticos (IBGE, 2006), mostram que 61% da população brasileira é abastecida por água subterrânea, um recurso muito vulnerável, com o agravante que sua remoção é muito mais difícil, muitas vezes irreversível.

Em razão da expressiva quantidade de água subterrânea potável, em 1992 a UNESCO estimou que entre 1970 a 1990 foram perfurados no mundo cerca de 300 milhões de poços, dos quais fornecem este recurso para 50 % da população do planeta e para a irrigação de 90 milhões de hectares. No Brasil em 1991 o IBGE estimou que 61 % da população se utiliza de água subterrânea: 43% de poços tubulares, 12% fontes ou nascentes e 6 % de poços cavados tipo Amazonas (FEITOSA; FILHO, 1997).

Um dos aspectos destacados neste trabalho foi a abordagem sobre a situação do nível da água subterrânea de Boa Vista, que não menos importantes que as águas superficiais, exercem importante papel como reservatório de água potável, abastecem rios e lagos durante o período de estiagem, além de exigirem cuidados fundamentais, pois atos de degradação podem ter implicações e extensões significativas, como exemplifica Dias (2000, p. 170): “*Um litro de óleo despejado no solo infiltra-se e é capaz de contaminar um milhão de litros de água potável subterrânea!*”.

As águas subterrâneas são consideradas reservas estratégicas tanto no Brasil como no resto de mundo, o que aponta programas de monitoramento e controle com diversas medidas de sustentabilidade, pois as águas contidas no subsolo representam a parcela mais lenta do ciclo hidrológico e a principal reserva de água disponível, considerando que seu volume é muito superior ao da superfície (BLANCO, 2007).

1.2.2 Poluição do subsolo e Aquífero

1.2.2.1 Generalidades

Considera-se poluição tudo que ocorre no ar, solo e água, que altera suas características originais pela introdução de substâncias naturais ou artificiais que podem afetar a saúde, a segurança e o bem estar da população; criando condições adversas às atividades sociais e econômicas, além de causar danos relevantes aos recursos naturais. As formas fundamentais em que se apresenta a poluição das águas superficiais e do solo em área urbana são os esgotos sanitários e industriais, escoamentos superficiais e resíduos sólidos (GONÇALVES, 2004).

Feitosa e Filho (1997) mencionam a importância de se distinguir água poluída de água contaminada. A primeira se refere a qualquer alteração artificial da qualidade físico-química da água para superar limites ou padrões determinados para determinado fim: piscicultura, agricultura, ecologia, engenharia sanitária, etc. A água contaminada é caracterizada pela presença de organismos patogênicos, substâncias tóxicas e/ou radioativas, em teores prejudiciais a saúde do homem. Neste contexto, a contaminação das águas pode ser proveniente de: fossas sépticas, esgotos, aplicação de fertilizantes no solo, aterros sanitários, valas clandestinas abertas, resíduos de mineração, vazamento de tanques de armazenamento de combustível, vazamento de oleodutos, acidentes no transporte de produtos químicos, irrigação com fertilizantes ou pesticidas, percolação de poluentes atmosféricos.

A introdução de poluentes no solo causa impactos estéticos, fisiológicos e ecológicos, assim como no meio aquático, os efeitos resultantes da introdução de poluentes no solo dependem da natureza do poluente, do caminho percorrido no solo e das funções desse solo. No cenário urbano, a poluição do solo é tipicamente consequência da disposição no ambiente de resíduos gerados nas atividades humanas dentro das cidades e na atividade industrial. Apresenta-se como medidas de caráter corretivo que buscam corrigir uma situação real, os processos *in situ* e *ex situ* e a adequação da disposição de poluentes no solo, implantando-se unidades para o tratamento dos resíduos sólidos. Existem também as medidas de caráter preventivo, mais importantes e menos oneroso como planejamento e ocupação do solo, tais como: definição de áreas especiais em que estão estabelecidas áreas compatíveis com a infraestrutura e com a capacidade do meio estabelecendo regimes especiais de uso - zoneamento; definição de áreas especiais de proteção, em que estão estabelecidas restrições quanto ao uso e à ocupação do solo como áreas de recarga de aquíferas encostas e áreas de proteção de mananciais (BERNARDES; SOARES, 2005).

Os processos urbanos se alimentam da super exploração dos recursos naturais, da desestruturação do entorno ecológico, e da acumulação de lixo. A urbanização como via inelutável do desenvolvimento humano é questionada pela crise ambiental, que discute a natureza do fenômeno urbano, seu significado, suas funções e suas condições de sustentabilidade (LEFF, 2001).

A segregação social das camadas populares de menor renda resulta da inexistência da estrutura de saneamento básico. Assim, a contaminação do lençol freático pelas fossas negras, é a principal responsável pela poluição urbana, fator crucial na determinação de carências diversas e disseminação de doenças endêmicas na população (RIBEIRO, 1995).

Entender a complexidade dos processos relacionados à causa e medidas preventivas da problemática da poluição, possibilita uma reflexão acerca do benefício dos processos preventivos, aliados à necessidade de se conhecer também, a dinâmica solo-água na determinação de áreas vulneráveis à contaminação. O risco de contaminação das águas subterrâneas pode se dar por vazamento em postos de combustível, disposição inadequada de esgotos domésticos, industriais e cemitérios. Materiais de granulometria fina apresentam grandes áreas superficiais e tendem a retardar os líquidos em estado residual, limitando a extensão da contaminação (BERNARDES; SOARES, 2005).

A introdução de poluentes causa impactos estéticos, fisiológicos e ecológicos. No cenário urbano a poluição do solo é tipicamente consequência da disposição no ambiente de resíduos gerados nas atividades humanas. O fluxo desses materiais é lento tornando difícil a remoção de produtos retidos na matriz do solo. Diante disso, o efeito cumulativo pode ser o mais danoso, quanto a capacidade do solo e subsolo de receber carga poluidora (BERNARDES; SOARES, 2005).

Embora a disposição inadequada de resíduos possa afetar qualquer corpo d'água, grande ênfase tem sido dada à questão da água subterrânea. O tempo de trânsito característico de poluentes em aquíferos é, em geral, bastante lento quando comparado com os tempos observados em corpos d'água superficiais. Consequentemente, danos iniciados no passado provocam a inutilização de certos aquíferos para o uso presente e futuro (BRAGA et al., 2002).

1.2.2.2 *Fossas Sépticas*

Apoitia et al. (2004), em estudo sobre a caracterização da qualidade de águas subterrâneas de Cuiabá, constatou através da verificação de 80 boletins de análise de águas de poços tubulares, que de 10 a 15% das amostras estavam pelo menos com um parâmetro acima dos valores máximos permitidos para o consumo humano. Os resultados demonstraram uma elevada concentração de coliformes fecais e totais nas águas subterrâneas, fato este decorrente dos problemas de saneamento básico da região, relacionado à grande quantidade de fossas sépticas, sumidouros e córregos contaminados, aliados ao meio fraturado e às inadequadas técnicas construtivas dos poços tubulares.

As fossas sépticas são reservatórios construídos ou pré-fabricados, geralmente feitos de concreto, projetados para receber águas residuais, principalmente de residências. Onde os

constituintes dos efluentes reagem entre si, com o meio poroso e com gases presentes nesse ambiente. O tanque séptico, primeira zona denominada redox, recebe tanto dejetos alimentícios (proteínas, carboidratos, gorduras) quanto dejetos humanos (com alta concentração de uréia). Teoricamente trata-se de um tratamento anaeróbico, no qual a concentração de oxigênio dissolvido é muito baixa, enquanto que o teor da matéria orgânica é muito elevado. É portanto, neste tanque que se desencadeia uma série de reações, tornando-se um sistema de tratamento natural. Todavia, a grande maioria das fossas não seguem o modelo ideal, sendo apenas depósitos de dejetos. A figura 2 demonstra um modelo ideal de tanque séptico com um espaço de drenagem da água após o tratamento anaeróbico natural (CREDER, 1995; AVILA, 2002; Cabral e Lima, 2005).

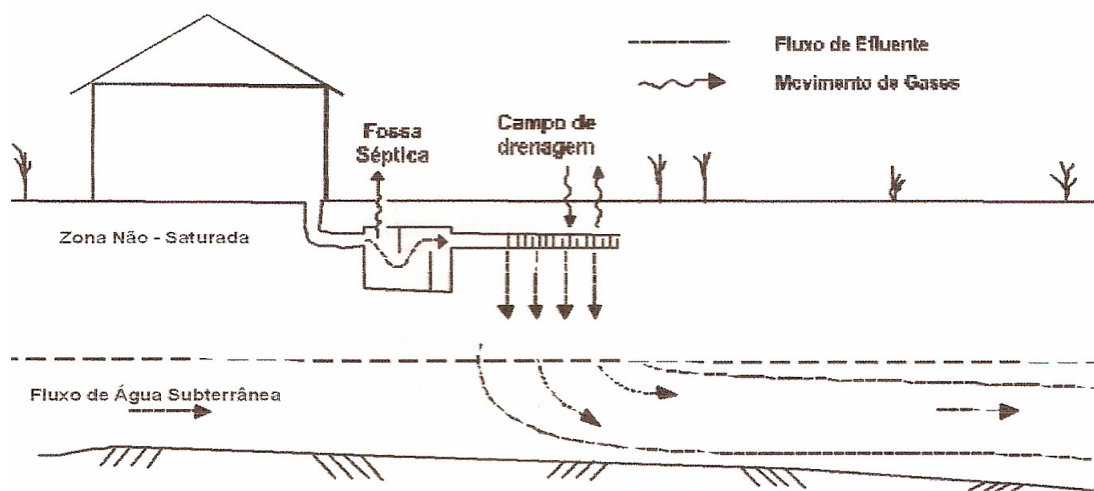


Figura 2 – Seção transversal esquemática de uma fossa séptica redox.
Fonte: Cabral; Lima (2005).

O lançamento de esgotos sobre ou abaixo da superfície do solo, e o uso generalizado de fossas sépticas que provavelmente constitui a principal causa de contaminação de águas subterrâneas do mundo. Essa prática quando associada a solos de areia média ou matérias mais finas, organismos patogênicos, conseguem penetrar a alguns metros. Já estudos mostram que em aquíferos heterogêneos de areia ou cascalho granulares e permeáveis, bactérias oriundas de esgotos podem ser transportadas por dezenas ou centenas de metros de água subterrânea. Já em depósitos granulares muito permeáveis o mecanismo da adsorção é muito

mais eficaz no retardamento de contaminação do que a filtração. Vírus e bactérias de esgotos que penetram pequenas distâncias, como são organismos resistentes podem se deslocar grandes distâncias através de fissuras (FEITOSA; FILHO, 1997).

1.2.2.3 *Tanques de armazenamento de combustível e aterros sanitários*

Segundo Souza e Anjos (2004), noventa por cento dos postos de combustíveis analisados na cidade de Belém – PA, sobre os sedimentos pós-barreiras, têm características litológicas que não oferecem uma proteção efetiva à penetração de contaminantes. A depender do volume do vazamento, da profundidade da água subterrânea e da capacidade de absorção dos materiais subsuperficiais, a fase líquida livre do contaminante poderá chegar até a superfície freática, porém, materiais de granulometria fina apresentam grandes áreas superficiais e tendem a retardar os líquidos em estado residual limitando a extensão da pluma de contaminação. Os dados apresentados pelos autores relacionam uma série de ameaças à qualidade das águas subterrâneas relacionando-as a características litológicas que não oferecem proteção efetiva à penetração de contaminantes, e por conseguinte, à saúde de população residente.

Em materiais permeáveis como cascalhos, areias e rochas fissuradas a infiltração de materiais oriundos de aterros sanitários podem causar a contaminação ao longo de áreas muito maiores que a ocupada pelos seus resíduos, tornando assim evidente a importância da escolha de locais com características hidrogeológicas adequadas para este tipo de depósito. (FEITOSA; FILHO, 1997).

Uma das principais preocupações em um derramamento de gasolina é a contaminação do abastecimento de água para consumo humano. Por ser muito pouco solúvel em água a gasolina derramada, contendo mais de uma centena de componentes, inicialmente estará presente no subsolo como líquido na fase não aquosa. Em contato com a água subterrânea a gasolina se dissolverá parcialmente. Os hidrocarbonetos monoaromáticos, benzeno, tolueno, etilbenzeno e os três xilenos orto, meta e para, são os constituintes da gasolina que tem maior solubilidade em água, portanto, vão atingir mais rapidamente o lençol freático. Substâncias estas depressantes do sistema nervoso central e causadoras de leucemia (CORSEUIL; MARINS 1997).

1.2.2.4 Cemitérios.

Como cemitérios são forte fonte de contaminação, foi elaborada pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA a Resolução 335 em 03 de abril de 2005, a qual dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Esta resolve entre outros artigos que:

Art. 1º - Os cemitérios horizontais e cemitérios verticais, doravante denominados cemitérios, deverão ser submetidos ao processo de licenciamento ambiental, nos termos desta Resolução, sem prejuízo de outras normas aplicáveis a espécie.

1. É proibida a instalação de cemitérios em Áreas de Preservação Permanente ou em outras que exijam desmatamento de mata Atlântica primária ou secundária, em estágio médio ou avançado de regeneração, em terrenos predominantemente cársticos, que apresentam cavernas, sumidouros ou rios subterrâneos, em áreas de manancial para abastecimento humano, bem como naquelas que tenham seu uso restrito pela legislação vigente, ressalvadas as exceções legais previstas.

Art. 8 – Os corpos sepultados poderão estar envoltos por mantas ou urnas constituídas de materiais biodegradáveis, não sendo recomendado o emprego de plásticos, tintas, vernizes, metais pesados ou qualquer material nocivo ao meio ambiente.

Parágrafo Único – Fica vedado o emprego de material impermeável que impeça a troca gasosa do corpo sepultado com o meio que o envolve, exceto nos casos específicos previstos na legislação.

Art.9 – Os resíduos sólidos, não humanos, resultante da exumação dos corpos deverão ter destinação ambiental e sanitariamente adequada.

Parágrafo Único - Fica vedado o emprego de material impermeável que impeça a troca gasosa do corpo sepultado com o meio que o envolve, exceto nos casos específicos previsto na legislação.

Art. 15 – Além das sanções penais e administrativas cabíveis, bem como da multa diária e outras obrigações previstas no termo de Ajustamento de Conduta e na legislação vigente, o órgão ambiental competente, mediante decisão motivada, poderá exigir a imediata reparação dos danos causados, bem como a mitigação dos riscos, desocupação, isolamento e/ou recuperação da área do empreendimento.

Art.16 – Os subscritores de estudos, documentos, pareceres e avaliações técnicas utilizados no procedimento de licenciamento e de celebração do Termo de Ajustamento de conduta são considerados peritos, para todos os fins legais.

No Brasil foi constatado que mais de 600 cemitérios estão em situação irregular e cerca de 75% dos cemitérios públicos apresentam problemas de contaminação, enquanto que nos particulares o índice é de 25%. Esses fatos ocorrem pela falta de cuidado com o sepultamento dos cadáveres e localização em terrenos inapropriados. Construídos sem um planejamento de impacto ambiental, os cemitérios tradicionais favorecem sobremaneira a contaminação das águas subterrâneas. (CONAMA Resolução 335, p. 2-6).

O solo tem um papel fundamental na retenção dos microorganismos, através de fatores físicos, químicos e ambientais, que afetam a infiltração e o carreamento dos microorganismos para o lençol freático. A implantação de cemitérios, realizada sem considerar critérios geológicos, representa uma das causas de deterioração da qualidade das águas subterrâneas, em razão de que substâncias provenientes de decomposição de cadáveres podem ter acesso às

mesmas, representando um risco do ponto de vista sanitário e higiênico (MARTINS et al., 1991).

Porém, estudos da temática cemitérios e meio ambiente ainda são incipientes, mas é evidente e necessária a implantação de medidas de prevenção, tais como: fixação de faixas de proteção sanitárias para garantir a preservação dos recursos ambientais e análise das características geológicas para uma proposição de mudança de política pública (MATOS, 2001).

No Brasil os estudos realizados por Martins (1991), Matos (2001), Campos (2006), e demonstram grande preocupação com este tipo de contaminação confirmados em 100% dos casos, o que nos credencia a considerar a probabilidade de contaminação dos solos da cidade de Boa Vista, que possuem características arenosas, também com certa preocupação.

1.2.3 Sondagem SPT (Standart Penetration Test).

A sondagem de reconhecimento a pequenas profundidades é utilizada para a identificação do índice de resistência a penetração do solo, obtendo dados sobre as características geológicas e geotécnicas locais, que foram importantes para o estudo da vulnerabilidade do local frente ao comportamento de erosão e poluição de aquíferos, além de permitir a escolha adequada de áreas para disposição de resíduos e do tipo de fundação para um determinado tipo de solo (LIMA, 1998).

A partir das análises realizadas utilizando o SPT foram identificadas áreas no município de Americana assim descritas:

Unidade I que é caracterizada por solos com baixa capacidade de carga e alta vulnerabilidade à poluição de aquíferos; Unidade II que é constituída com solos onde o nível de água localiza-se próximo a superfície ocasionando riscos constantes à enchentes; Unidade III que se caracteriza pela baixa suscetibilidade a processos erosivos; Unidade IV que apresenta pouca expressão e ocorre principalmente sobreposta às unidade VI e VII. Unidade V que apresenta-se como o local mais favorável à instalação de diversos tipos de ocupação; Unidade VI que caracteriza-se principalmente pela vulnerabilidade à erosão e Unidade VII na qual os solos são altamente suscetíveis aos processos de voçorocamentos, além da determinação do nível de água a partir de informações simples e de baixo custo (LIMA,1998, p. 3).

Câmara e Pereira (2005), consideram que o ensaio Standart Penetration Test (SPT), consiste num recurso experimental mais utilizado no mundo para realização de investigações geotécnicas, especialmente em solos granulares, representando um indicador importante

dentro da tomada de decisões em relação ao subsolo. Para tanto, realizaram-se no Município de Natal pesquisas para destacar aspectos que pudessem diferenciar possíveis zonas geotécnicas.

Trevês-Costa et al. (2004), consideram primordial a caracterização geotécnica dos solos para estimar riscos sísmicos e alterações significativas no movimento sísmico. No estudo realizado, deu-se especial atenção aos resultados dos ensaios SPT, pois os mesmos permitem avaliar as principais características dos terrenos analisados, mas também pela relativa frequência dos dados. Considera, entretanto que os dados de uma sondagem representam apenas as condições locais e a sua extrapolação deve ser criteriosamente avaliada.

Ensaio SPT também são utilizados para subsidiar a tomada de decisão sobre a melhoria dos padrões construtivos e de manutenção de estradas florestais visando o planejamento de estradas com vida útil mais prolongada (MACHADO et al., 2005).

A resistência à penetração obtida através de sondagens SPT é um dos atributos físicos do solo, que influencia o crescimento de raízes e serve com base à avaliação dos efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o ambiente radicular, assim a importância da avaliação (CUNHA et al, 2002).

1.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

1.3.1 **Origem, crescimento e ocupação da cidade de Boa Vista.**

Dias (2007), afirma que o Rio Branco foi fator primordial para a formação da cidade, visto que ele era o único caminho de navegação. Por volta de 1775 a 1778 a aglomeração populacional da região circundava em torno do Forte São Joaquim do Rio Branco construído, localizado na bifurcação dos rios Uiraricoera e Tacutu. Ao longo de suas margens formaram-se as povoações e as fazendas. O oficial Inácio Lopes de Magalhães que servia no Forte São Joaquim estabeleceu uma fazenda à margem direita do Rio Branco, local onde hoje está o “Bar Meu Cantinho”. Nas suas imediações foram sendo construídos comércios, escolas, o hospital Nossa Senhora de Fátima e a Igreja Matriz, construída pelos padres Beneditinos.

Ainda segundo a autora, o município de Boa Vista foi criado pelo Decreto Estadual do Amazonas N ° 49 de 09 de Julho de 1890, em terras desmembradas do Município de Moura. Sua instalação ocorreu no dia 25 do mesmo mês e ano, em sessão presidida pelo Capitão

Fábio Barreto Leite, que veio no ato como representante do Governador do Amazonas, Augusto Ximeno de Villeroy. Este mesmo Decreto levou a Freguesia de Nossa Senhora do Carmo do rio Branco à categoria de Vila, com o mesmo nome dado ao Município, Vila de Boa Vista do Rio Branco, no início do período republicano. O capitão Fábio Barreto Leite empossou as autoridades do Município, sendo o seu primeiro Superintendente o Capitão Coronel João Capistrano da Silva Mota. Com a Lei Estadual do Amazonas de nº. 1.262, foi concedido foros de cidade à Boa Vista, ainda no governo de Augusto Ximeno de Villeroy, conforme a ata:

Aos vinte e cinco dias do mês de julho do ano de mil oitocentos e noventa, segundo da República Federal, nesta Freguesia de Nossa Senhora do Carmo do Rio Branco, à Praça Barreto Leite, em uma das salas do prédio pertencente ao cidadão Francisco Coelho, presente grande número de moradores da mesma freguesia, às nove horas da manhã, compareceram e tomaram assento o Capitão Dr. Fábio Barreto Leite, pelo Governador do Estado do Amazonas, comissionado para instalar a intendência nesta Vila, e os cidadãos João Capistrano da Silva Motta, José Francisco Coelho, José Joaquim de Souza Júnior, nomeados pelo mesmo governador, o primeiro superintendente e os outros dois intendentes, ocupando o cidadão Eduardo Álvares da Silva o lugar de secretário, para o qual fora nomeado pelo cidadão capitão Fábio Barreto Leite. Em seguida o mesmo cidadão Fábio Barreto Leite mandou fazer a leitura do Decreto abaixo, transcrito que eleva esta freguesia à categoria de Vila das instruções e dos oficiais do cidadão governador do Estado do Amazonas que os acompanhou. – Decreto no. 49 de nove de julho de mil oitocentos e noventa. Eleva a categoria de Vila a freguesia de Nossa Senhora do Carmo do Rio Branco. – O governador do Estado do Amazonas, decreta: Art. 1º é elevada à categoria de Vila, a Freguesia de Nossa Senhora do Carmo do Rio Branco, com a denominação de Vila da Boa Vista do Rio Branco. – Art. 2º . O novo município conservará os mesmos limites da antiga Freguesia. Art. 3º . Ficam revogadas as disposições em contrário. – Palácio do governador do Estado do Amazonas 9 de Julho de 1890 – Assignado Augusto Ximeno de Villeroy, conferido Antonio Clemente Bitencurt – F. M. Rocha (DIAS, 2007, p.15).

Com a instalação do Território Federal do Rio Branco através do Decreto Lei nº 5.812 em 13 de Setembro de 1943, pelo Presidente da República Getúlio Vargas, Boa Vista foi transformada em Capital do recém Território Federal do Rio Branco. Hoje Boa Vista é a capital do estado de Roraima, criado pela Constituição Federal de 05 de outubro de 1988 e efetivamente instalado em 01 de janeiro de 1991 (Arquivo do Município de Boa Vista).

Única capital brasileira totalmente localizada acima da linha do equador, o Município de Boa Vista faz limites ao Norte com os Municípios de Amajari e Pacaraima; ao Sul como os Municípios de Mucajaí e Alto Alegre; ao Leste com os Municípios de Bonfim e Cantá tendo como divisa o rio Branco e o Município de Normandia; e a Oeste com o Município de Alto Alegre, com área total de 5.686 km², possui 200.568 habitantes, cerca de 60% da população se concentra na área urbana de Boa Vista (IBGE, 2005).

A pesquisa nacional por amostra de domicílios 2006, realizada pelo Instituto brasileiro de geografia e estatística, aponta Roraima como pólo migratório, onde 53,7% dos moradores vieram de outros estados; dos 405 mil habitante apenas 188 mil são naturais do estado. Conforme os dados da pesquisa, 92 mil são do Maranhão, 34 mil do Pará, 28 mil do Amazonas e 14 mil do Ceará. O Município de Boa Vista possui 221.476 habitantes, concentrando cerca de 55% da população total do estado de Roraima (IBGE, 2006).

1.3.2 Aspectos fisiográficos de Boa Vista

1.3.2.1 Geologia e Hidrogeologia

A cidade de Boa Vista situa-se em uma extensa área aplainada desenvolvida em sedimentos holocênicos e pleistocênicos, essencialmente arenosos trabalhados pelas águas e pelos ventos, em decorrência da erosão fluvial e eólica recente. Esses sedimentos recobrem irregularmente a Formação Boa Vista do período terciário, que é constituída basicamente por sedimentos arenosos com cimento argiloso, intercalados com camadas conglomeráticas, sendo que toda a seqüência encontra-se laterizada (LOPES, 2002).

Ainda segundo o autor, a Formação Boa Vista junto com camadas detrítico-lateríticas e sedimentos mais recentes constituem importante aquífero utilizado no abastecimento da cidade de Boa Vista.

Ab'Saber (1997, p. 48), denomina a Formação Boa Vista como: “as colinas onduladas na depressão intermontana de Boa Vista ou campos de Boa Vista como também Campos de São Marcos”. Nessa área a associação de solos arenosos e a redução das precipitações, possibilitou a fixação dos lavrados de Roraima (figura 3).

A Formação Boa Vista surgiu por processos intempéricos desde o material de origem composto basicamente de rocha e sedimentos que ao longo do tempo uma série histórica sofreu a ação de agentes de transporte (água e vento) intemperismo sendo carreados pela ação do tempo para se depositarem, principalmente na região da fossa tectônica do Tacutú, onde a partir dos processos pedogenéticos, e fatores de formação do solo foram desenvolvendo o perfil do solo.

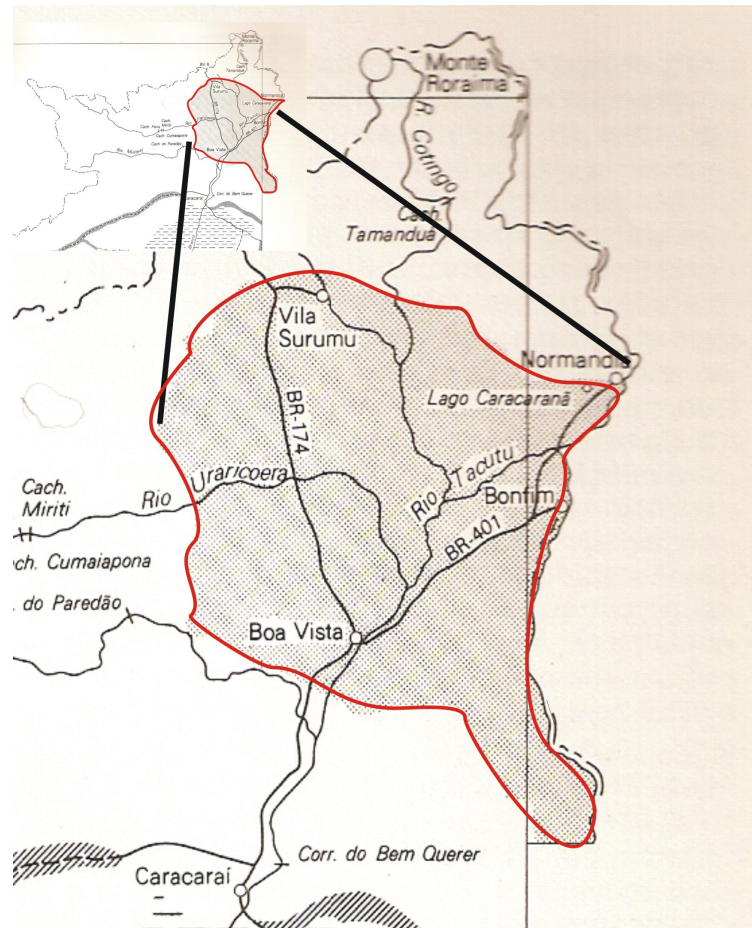


Figura 3. Mapa Parcial do Estado de Roraima, com destaque a área de ocorrência da Formação Boa Vista. Fonte: RADAMBRASIL, 1975.

Lopes (2002), compartimentou os aquíferos do estado de Roraima, de forma preliminar, em três domínios, de acordo com as características litológicas e o comportamento hidrogeológico das unidades mapeadas: (1) Domínio intergranular - constituído por rochas sedimentares e sedimentos dos sistemas aquíferos Boa Vista (2) Domínio fraturado - constituído por rochas cristalinas e cristalofílicas de diversas unidades geológicas, divididas em duas unidades de maior e menor favorabilidade para exploração de água subterrânea; (3) Domínio intergranular/fraturado constituído pelas rochas sedimentares do Paleoproterozóico mapeadas na porção norte do estado (Super Grupo Roraima e Formação Tepequém), que em virtude dos processos geológicos e tectônicos houve uma cimentação dos poros superficiais.

Os estudos apresentados por Lopes (2002) demonstraram principalmente a potencialidade do domínio intergranular, que constitui 36% da extensão superficial, com destaque para o sistema aquífero Boa Vista, o qual tem uma área de ocorrência de 14.000

km², sendo um recurso estratégico para o abastecimento público da capital do estado. A espessura média deste sistema, na área urbana e nas suas proximidades, é de 40 metros. Comporta-se, predominantemente, como um aquífero livre a semiconfinado, com valores de transmissividade da ordem de $1,3$ a 3×10^{-2} m²/s e permeabilidade de 6 a 8×10^{-4} m/s.

Ainda segundo Lopes (2002), acredita-se que a zona de recarga do sistema corresponda a toda sua área de extensão, a qual vem sendo comprometida com a impermeabilização da área urbana com asfaltamento e obras de engenharia em geral.

Lopes (2002), observou os efeitos da contaminação do aquífero, através dos valores mais elevados de condutividade elétrica (teor de sais dissolvidos) e nitrato na zona mais densamente povoada da cidade, resultados estes demonstrados através da figura 4. Isto se deve ao fato do Sistema Aquífero Boa Vista comportar-se principalmente como um aquífero livre, o que aumenta a sua vulnerabilidade à contaminação.

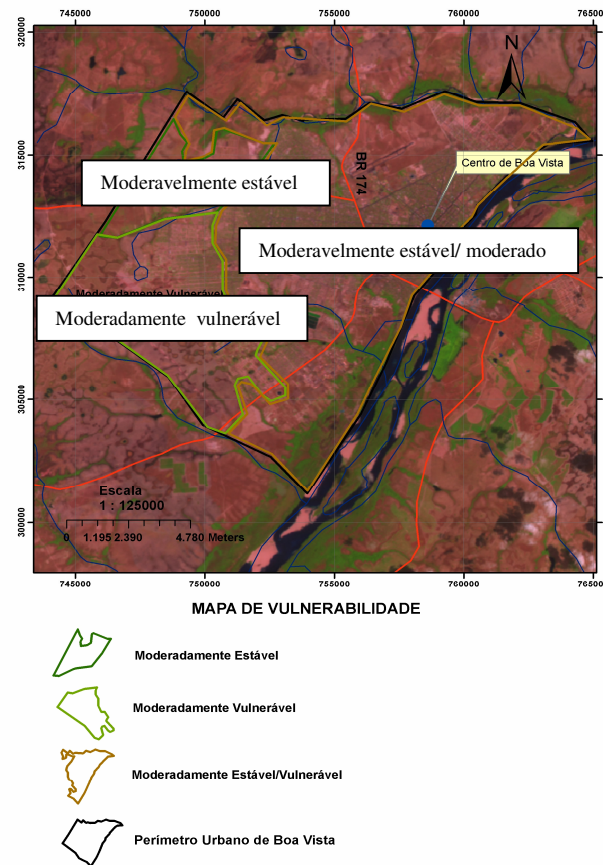


Figura 4 – Mapa de Vulnerabilidade do Município de Boa Vista
Fonte: Lopes, 2002. Com o desenho dos polígonos desenhados pelo geólogo Paulo Brito.

1.3.2.2 *Tipos de solo*

Schaefer e Vale-Junior (1997) afirmam que as influências pretéritas na evolução da paisagem em Roraima, em particular, e do Norte Amazônico, em geral, formou a base de muitos estudos na área.

O município de Boa Vista possui 10 das 14 classes de solos descritas para a Amazônia, sendo elas: latossolo amarelo distrófico típico, latossolo vermelho-amarelo distrófico típico, latossolo vermelho, argissolo amarelo distrófico, plintossolos, cambissolo háplico, gleissolo háplico distrófico, neossolo quartzarênico hidromófico distrófico, neossolo flúvico tb distrófico e neossolo litólico distrófico. São solos profundos, seguindo uma seqüência horizontal A, B, e C, intemperizados, ácidos a fortemente ácidos e álicos, de baixa fertilidade natural. (COSTA et al., 2006).

O mesmo autor decreve a coloração do solo predominantemente como amarelada (bruno-amarelada a bruno forte) de matizes 10yR a 7,5R, e a fração argila tem natureza essencialmente caulínica e extremamente coesos.

1.3.2.3 *Aspectos hidroclimáticos*

A Amazônia se destaca pela extraordinária continuidade de suas florestas, pela ordem de grandeza de sua principal rede hidrográfica e pelas sutis variações de seus ecossistemas em nível regional e de altitude. De sua posição geográfica resultou uma fortíssima entrada de energia solar, acompanhada de um abastecimento quase permanente de ar úmido, de grande estoque de nebulosidade, de baixa amplitude térmica anual e de ausência de estações secas pronunciadas em quase todos os seus subespaços regionais, do golfo Marajoara até a face ocidental dos Andes, trazendo para o homem um clima úmido e cálido, com temperaturas altas, porém suportáveis. O fato de possuir terras nos dois lados da linha do equador, reflete diretamente, na marcha dos períodos de maior precipitação e com exceção da pequena área dos campos de Boa Vista, a Amazônia brasileira recebe precipitações anuais de ordem de 1600 a 3600 mm por ano (AB'SÁBER, 1997).

De acordo com a classificação de Köpen, o estado de Roraima apresenta três grupos climáticos (BRASIL, 1975; BARBOSA 1997):

- Af (constantemente úmido) - ao sul do estado, com precipitação anual maior que 2.000 mm com variação anual pequena, influenciada pela massa de ar equatorial, corrente essa que possibilita a ocorrência de chuvas durante todo o ano em decorrência da forte umidade e freqüente condensação de massa de ar na região;
- Aw (verão úmido e inverno seco) – Possui uma estação seca bem definida, inclui as savanas tropicais. Possui um período seco, conhecido com “verão” com a precipitação média mensal de 36,2 mm/mês nos meses de dezembro a março onde ocorre 10% das chuvas, concentrando a precipitação nos meses de maio a julho onde se concentram mais de 50% das chuvas na região;
- Am (chuvas do tipo moção) – se forma em um corredor florestal que sofre influência das savanas, da floresta úmida e dos altos relevos do norte de Roraima, é intermediária de Af e Aw, parecendo-se como Af no regime das temperaturas e com Aw no das chuvas, a quantidade de chuvas é de 1700 a 2000 mm/ano, conforme a figura 5 que destaca o clima do município de Boa Vista como Aw

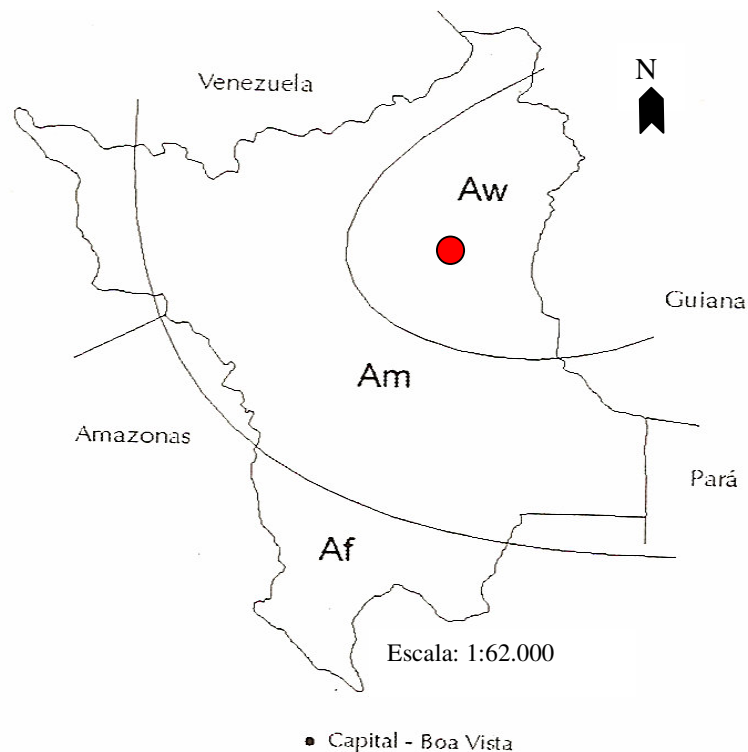


Figura 5 – Distribuição das regiões climáticas de Roraima, segundo a classificação de Köppen: Af - constantemente úmido, Aw - verão úmido e inverno seco e Am - chuvas do tipo moção. Fonte: Barbosa, 1997.

1.3.2.4 Cobertura Vegetal

Sette-Silva (1997), afirma que a distribuição da vegetação do estado de Roraima foi um fator importante para a ocupação do espaço físico do estado. A princípio essa ocupação acontecia de forma não planejada, porém com o crescimento da população foi paulatinamente eutrofisando igarapés, alterando lagos, e destruindo os recursos ambientais.

Roraima apresenta 85% de sua área coberta por florestas e uma pequena parte de savana que compreendem o Brasil, Guiana e parte da Venezuela (SETTE-SILVA, 1997; BARBOSA, SOUZA, XAUD, 2005), figura 6.

Costa et al., 2006, detalha a savana por núcleos do tipo campo sujo/campo serrdo, cuja transição com a floresta estacional, ocorre na porção sul do estado, de forma abrupta. Com sua principal característica o domínio campestre arbustivo, marcado pela presença de depressões suaves, por onde se alinham extensas veredas de buritis, ocorrendo, ainda matas ciliares ao longo das principais drenagens.

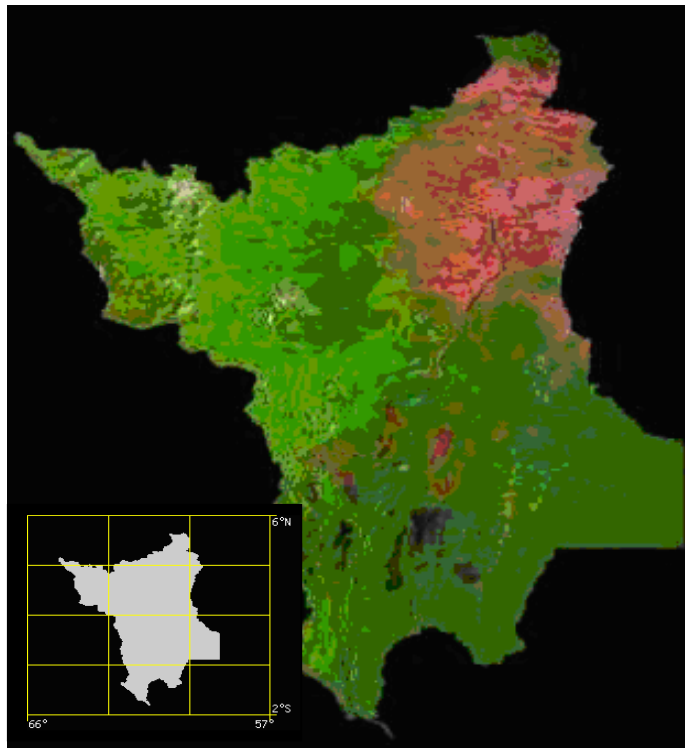


Figura 6 – Foto aérea do Estado de Roraima, em verde a região florestada e em rosa a região de savana. Fonte: Brasil, 2008.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar o subsolo da área urbana da cidade de Boa Vista - RR, através de sondagens de simples reconhecimento, visando avaliar a sua vulnerabilidade ambiental.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Relacionar dados de altitude, nível de água, precipitação e limite de sondagem;
- Identificar zonas de vulnerabilidade ambiental para a cidade de Boa Vista;
- Discutir critérios aplicáveis ao ordenamento planejamento urbano do Município de Boa Vista.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na cidade de Boa vista – RR, perfazendo um polígono de 165.949,23 m², estes com as coordenadas UTM de seus extremos: norte: 318585,79N e 756.193,54W, sul: 305.724,73 N e 752.540,92 W, leste: 315.385,05 N e 761.680,99 W e oeste: 313.404,25 N e 749.238,19 W, obtidas através do Thales GPS ProMark 3 ®, com sua distribuição detalhada na tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição dos Ensaios *SPT*, deste trabalho, por bairro, na cidade de Boa Vista.

No. Ord.	Bairro	Quantidade de Ensaios SPT
01	13 de Setembro	06
02	31 de Março	01
03	A conferir	46
04	Aeroporto	40
05	Aparecida	04
06	Asa Branca	07
07	Bela Vista	03
08	Buritis	13
09	Caçari	18
10	Canarinho	03
11	Centro	40
12	Distrito Industrial	17
13	Dos Estados	04
14	Jardim Floresta	08
15	Liberdade	01
16	Mecejana	35
17	Paraviana	02
18	Pintolândia	22
19	Raiar do Sol	04
20	São Francisco	08
21	São Vicente	05
TOTAL		287

3.2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E BASE DE DADOS

Do total de 248 pontos, foram selecionados 47 pontos que possuíam os dados dos boletins de sondagem completos representando os bairros centrais da cidade coletados entre 1994 à 2007, colhidos no período seco de setembro a dezembro, chamados aqui por diante de “base de dados”, obtidos através de análise de arquivos das empresas AP engenharia e RC engenharia. Após a verificação da área não representada pelo banco de dados, e para tornar o trabalho mais representativo foi escolhido um transecto que pudesse complementar e enriquecer o estudo, onde foram realizados durante este trabalho, mais 28 furos de sondagem, levantados e acompanhados no mês de novembro de 2006, período seco. Como base nesses dados foram identificadas zonas de maior vulnerabilidade e visando a melhor caracterização dessas zonas foram realizadas sondagens para a coleta e análise granulométrica de material geológico (detalhada no item 3.5).

3.3 GEORREFERENCIAMENTO

Para melhor aproveitamento dos dados, foram levantados separadamente a altitude e as coordenadas de cada ponto levantado utilizando o Thales GPS ProMark 3® com precisão de 0,2 m e 12 satélites. O equipamento possui uma base e um navegador/estático. A base que referencia os dados foi colocada na plaqueta padrão INCRA, no 3º piso do edifício Gravana Ávila, localizado na Avenida Ville Roy, 2155 onde localiza-se o ponto BUUM0034 com coordenadas geográficas de latitude: 2°50'55,420240''N e longitude: 60°38'51,474204''W; coordenadas (N) UTM 315.140,628 e coordenadas (E) UTM 761.512,932 com cota de 90,921, K 1.000446663, conforme ilustra a figura 6 e 7.

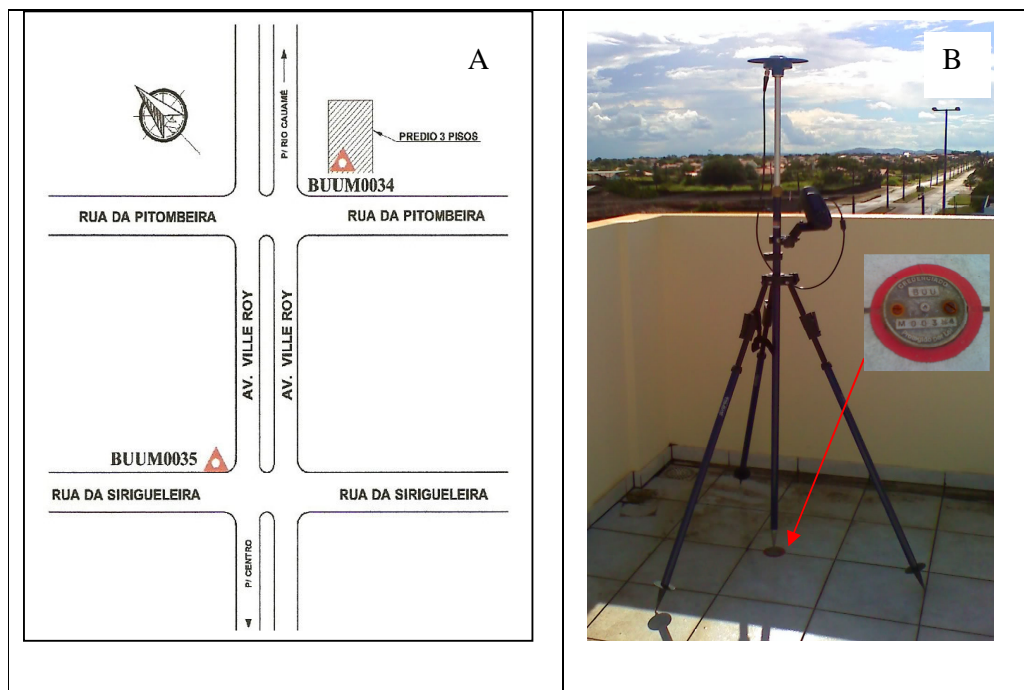


Figura 7 - A- Croqui de localização do ponto BUMM0034. e B Imagem do Ponto BUMM0034, com o equipamento em funcionamento (base).

3. 4 OBTENÇÃO DOS ATRIBUTOS

3.4.1 Ensaio SPT (*Standard Penetration Test*)

O ensaio SPT, ensaio de penetração padronizado, com propósito de se obter índices de resistência à penetração do solo, Consiste na cravação, com auxílio de um peso de 65 kg, de um amostrador padrão, encaixado em uma haste. O peso cai sucessivamente sobre a haste até uma penetração de 0,45 m de profundidade no solo. A resistência do solo à penetração, será dada a partir do número de golpes necessários à cravação destes 0,45 m, iniciais de cada metro (NBR 6484:2001).

As fontes fundamentais para a realização deste trabalho foram os boletins de sondagens de simples reconhecimento das empresas A.P. Engenharia e RC Engenharia e, considerando a importância desta contribuição torna-se necessário um breve histórico deste tipo de investigação de subsolo, amplamente utilizado para tomada de decisões.

Segundo Bertolucci (1983), apud BENTO¹ (1998), a evolução das sondagens de simples reconhecimento se deu da seguinte forma: Em 1902, Gow substituiu o processo de investigação do subsolo que era realizado com a circulação de água, pela parcial amostragem

a seco, visto que o avanço do furo continuasse a ser feito com circulação de água, então a determinadas profundidades era cravado no final do furo um tubo de 25,4 mm de diâmetros e o comprimento de 30 a 45 cm com ponta aberta e bordas biseladas. A cravação deste tubo amostrador, era efetuada com a utilização de um soquete de 50 kg de massa para permitir a amostra a seco; Até então não havia interesse na resistência à penetração do amostrador do solo. Somente em 1927 Mohr desenvolveu a cravação no solo com um soquete de 65 kg caindo de uma altura de aproximadamente 76 cm, dando início à determinação da resistência do solo, sendo a sua resistência determinada pelo número de golpes utilizados para cravação de 30 cm do amostrador do solo. Neste mesmo ano, Fletcher, desenvolveu o amostrador Raymond do tipo tubular, bipartido, formado por sapata, corpo e cabeça, com 5,8 cm de diâmetro externo e 34,9 mm interno.

Logo em 1930, Fletcher e Mohr determinaram uma pré cravação de 15 cm antes da contagem para a determinação da resistência. No Brasil em 1939, o ensaio de resistência à penetração do solo foi introduzido por Odair Grillo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT). O amostrador apresentava diâmetro interno de 46,0 mm e externo de 38,1 mm e para a sua cravação era utilizado um martelo de 60 kg de massa em uma queda livre de 75 cm, para a obtenção da resistência. Logo após, em 1944 foi introduzido no Brasil o amostrador Mohr com 41,3 mm externo e 25,4 mm interno que utilizava um martelo de 65 kg de massa em queda livre de uma altura de 75 cm para a cravação de 30 cm de solo. Somente em 1947 foi implantado no Brasil, trabalhos com o amostrador Raymond desenvolvido em 1927. Um ano mais tarde Karl Terzaghi e Ralph Peck, divulgaram os ensaios propostos por Fletcher e Mohr no livro “*Soil Mechanics in Engineering Practice*”, denominando-o “*Standard Penetration Test*” (SPT), abrindo as portas para uma discussão acerca da necessidade de padronização do ensaio. Logo em 1974, é proposto no V Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos, a utilização única do amostrador Raymond. Em fim em 1980, o “*Standart Pentration Test*” é normatizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), atualizada em 2001.

A Norma NBR 6484 (Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método e ensaio), que estabelece como objetivo principal a utilização desta metodologia para a engenharia civil na determinação dos tipos de solo em suas respectivas profundidades de ocorrência; a posição do nível d’água e os índices de resistência a cada metro. Estabelecendo as seguintes definições: SPT (*Standart Penetration Test*), ensaio pelo qual se determina as

¹ BENTO, A. H. **Mapeamento geotécnico da área urbana de Manaus – AM**, 1998. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais – Centro de Ciências do Ambiente, Universidade do Amazonas.

seguintes definições: SPT (*standart penetration test*), ensaio pelo qual se determina o índice de resistência à penetração (N); N abreviatura de índice de resistência à penetração, cuja determinação se dá pelo número de golpes correspondentes à cravação de 30 cm do amostrador padrão, após a cravação inicial de 15 cm, utilizando corda para o levantamento do martelo.

A técnica tem como princípio, “*a perfuração e cravação dinâmica de amostrador padrão, a cada metro, resultando na determinação do tipo de solo e de um índice de resistência, bem como da observação do nível do lençol freático*” (NBR 6484:2001, p. 1), dividida nos seguintes componentes:

- a) Torre com roldana;
- b) Tubos de revestimento;
- c) Composição de perfuração ou cravação;
- d) Trado-concha;
- e) Trado helicoidal;
- f) Amostrador padrão (Figura 9);
- g) Martelo padronizado para a cravação do amostrador;
- h) Medidor de nível d’água;
- i) Recipientes para as amostras;
- j) ferramentas gerais necessárias à operação da aparelhagem.

O conjunto de componentes da aparelhagem padrão foi essencial para cumprir todas as etapas de coleta de solo, desde a montagem dos equipamentos, a marcação das hastes, a cravação da sonda com o martelo padronizado, até a retirada do material a cada metro, conforme figura 8.



Figura 8 – A: Aparelhagem padrão em funcionamento, na UFRR e B: Amostrador padrão – componente coletor das amostras de solo, no detalhe superior o amostrador fechado e no detalhe inferior o amostrador aberto, com solo argiloso coletado.

3.4.2 Medição do nível do lençol freático

Durante a perfuração com auxílio do trado helicoidal, foi observado qualquer aumento aparente da umidade do solo, indicativo da presença próxima do nível da água, tal como o solo se encontrar molhado em determinado ponto, assim após observado a presença de água se dava a medição da distancia da água até a superfície. (NBR 6484:2001).

3.4.3 O Boletim de Sondagem

Todas as sondagens tiveram como objetivo a obtenção de dados sobre a capacidade de carga do terreno, conseguidas a partir da interpretação dos resultados de ensaios SPT (Standart Penetration Test), bem como as demais informações exigidas pela Norma Brasileira NBR 6484 que prescreve o método de execução de sondagens de simples reconhecimento de solos com SPT, cuja finalidade é: “a) a determinação dos tipos de solos e suas respectivas profundidades de ocorrência; b) a posição do nível d’água e, c) os indicadores de resistência à penetração em cada metro (N) (NBR 6484, 2001, p1.) , conforme figura 8. Com a conclusão desta etapa a plotagem dos pontos no mapa demonstrou a necessidade de se realizar

uma campanha de novos furos de sondagem para que o estudo pudesse ser representativo para toda a área urbana da cidade, desta forma foi escolhido um transecto desde o bairro raia do sol até o bairro Cidade Satélite.

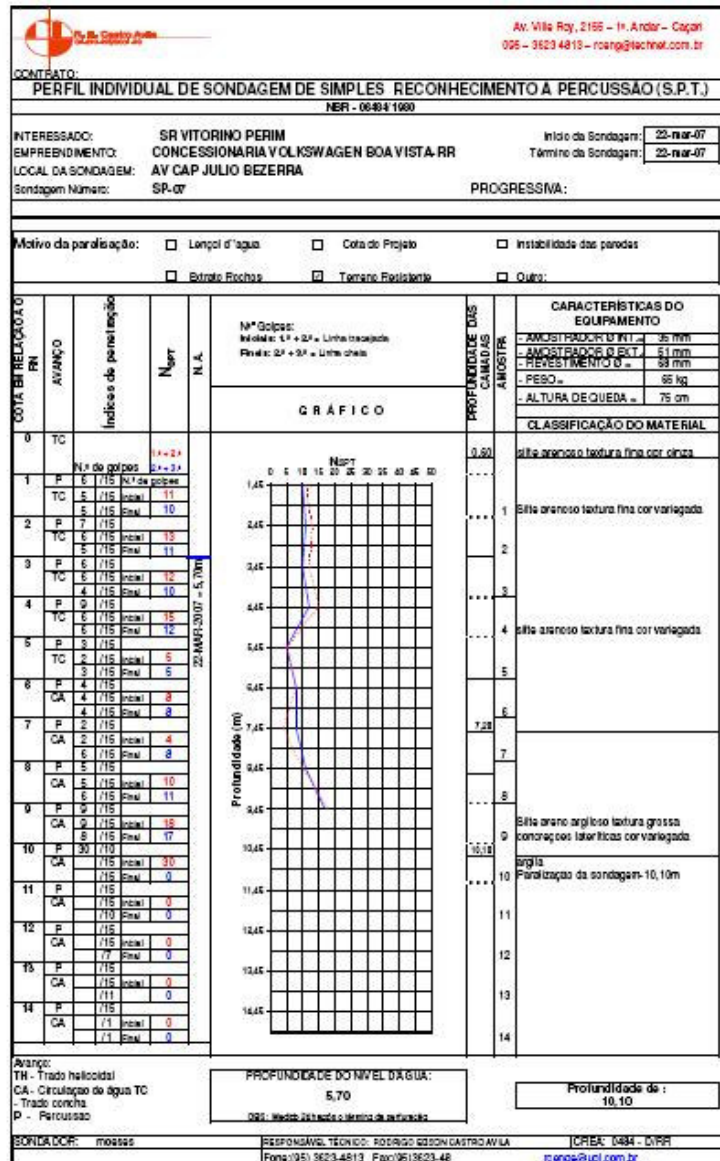


Figura 9 – Modelo de Boletim de perfil de sondagem de simples reconhecimento, conforme determinado na NBR 6884:2001. Fonte: RC Engenharia.

3.5 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A textura é determinante da quantidade, forma e continuidade dos macroporos, as quais são características físicas que influenciam mais expressivamente a condutividade

hidráulica dos solos. O aumento da porção de silte no solo reduz a infiltração, uma vez que esta fração possui baixa potencialidade em formar agregados e relativamente pequeno diâmetro (0,002 a 0,05 mm), sendo facilmente deslocada para camadas inferiores do solo, onde acabam por causar entupimento de solos. Solos de textura grossa (arenosos) possuem, em geral, maior quantidade de macroporos do que os de textura fina (argilosos), apresentando maior condutividade hidráulica e taxa de infiltração (BRANDÃO et al., 2006).

A análise granulométrica do solo foi determinada utilizando, como dispersante, uma solução aquosa de hidróxido de sódio (4 kg.m^{-3}) e densímetro de Bouyoucos para as leituras. A primeira leitura foi feita após 18 horas de agitação para determinação da areia total e a segunda, 2 horas após para determinação da argila, sendo a fração silte determinada por diferença. O teor de matéria orgânica do solo foi determinado pelo método da solução sulfocrômica (TEDESCO et al., 1985).

Para a determinação da granulometria foram escolhidos dois pontos: a) Campus da Universidade Federal de Roraima, denominado UFRR, representando as zonas mais vulneráveis e o Bairro Centro entre a Avenida Capitão Julho Bezerra e Major Williams, representando a zona menos vulnerável, destes pontos foram coletadas amostras a 1m de superfície, na altura do aparecimento do lençol freático e no limite final da sondagem. A determinação dos parâmetros foi realizada no laboratório de solos da EMBRAPA – Roraima.

O triângulo de feret estabelece um procedimento importante para denominar solos com misturas de várias categorias de partículas. A chamada classificação textural é dividida em onze áreas, onde cada uma delas corresponde a um determinado grupo textural. Esses grupos são definidos em três classes: areia, silte e argila. A utilização desse triângulo, que consiste na soma das porcentagens (obtidas no laboratório) a partir da qual é traçada uma reta para cada fração obtida, onde a intercessão das três retas define a classe textural do solo.

3.6 BANCO DE DADOS

A Análise dos relatórios de sondagem e os trabalhos de campo, geraram os seguintes atributos: nível de água, profundidade do impenetrável, cota, endereço, localização dos pontos no mapa georreferenciados, data de início e término e resistência a cada 1 metro.

Para organização dos dados obtidos, foi escolhido o software Microsoft® Excel 2002 (10.2614.2625), copyright 1985-2001. ident. do produto – 54870-640-1203177, por acreditar ser o melhor método para acessar e analisar dados. Segundo CARLBERG (2005), o mercado

convencionou este programa para armazenamento e organização de dados, mas o programa foi concebido também para interpretação, levando-se em consideração a quantidade e a maneira como se requer a informação.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para análise estatística, foram utilizados métodos de padrões não supervisionados, técnicas de Análise de Componentes Hierárquicos – HCA e a Análise de Componentes Principais – PCA (MOITA; MOITA, 1998).

Segundo os autores, a técnica de agrupamento hierárquico conecta as amostras por associações, resultando em um dendrograma onde as amostras semelhantes, segundo as variáveis escolhidas, são agrupadas entre si. Seu princípio considera que quanto menor a distância entre os pontos, maior é a semelhança entre as amostras; sendo os dendrogramas (diagrama ou representação que ilustra o arranjo dos agrupamentos) extremamente úteis na identificação de semelhanças.

O segundo método utilizado: a Análise de componentes Principais – PCA, trata de reescrever as coordenadas das amostragens em um sistema de eixo mais conveniente para a análise de dados onde as variações originais geram, através de combinações lineares, de “n” componentes principais, cujo fundamental atributo, além da ortogonalidade, é que são obtidos em ordem decrescente de máxima variância, ou seja, a componente principal 1 detém mais informações que a componente principal dois e assim sucessivamente (NAEZ, 2002).

Os dados sofreram pré-processamento através do autoescalamento em decorrência das variáveis apresentarem unidades diferentes e grandes variações. No HCA foi utilizada a distância euclidiana e a técnica de “clustering a flexible” que apresentou as melhores conexões das similaridades (PARISOTTO et al., 2005).

O PCA e o HCA foram desenvolvidos com a utilização do software Eing*Sight 3.0, série n. 9203E30B020 infometrix, Inc. Copyright© 1991 - 2200 sixth Avenue, suíte 833 – Seattle, WA 98121.

As variáveis utilizadas para os tratamentos aqui descritos foram: altitude, nível de água, limite de sondagem e média da precipitação de quinze dias antes do furo de sondagem (apêndice A). Consta ainda neste apêndice as precipitações diárias do período estudado.

Em decorrência da caracterização, os dados de precipitação foram excluídos em virtude da grande variação de anos mascarar a diferença entre os pontos, visto que

automaticamente, o programa realizava a separação dos dados por anos e não pelos atributos principais como limite de sondagem, nível de água e altitude, objetos deste trabalho. Sendo, portanto, a precipitação dispensada da análise.

Após vários testes se estabeleceu a necessidade de trabalhar os dados da série histórica de 1997 à 2007 em separado dos dados colhidos em 2006, diante da dificuldade do programa em processar grande número de dados, porém, tal iniciativa de modo algum interfere nos resultados, considerando a utilização dos mesmos atributos dentro do mesmo período.

3.8 GERAÇÃO DE MAPAS

Após a organização do banco de dados e os dados do levantamento de 2006, foi realizado um planejamento para o início do georreferenciamento. Após o levantamento de campo, foi utilizado o Programa Mapper Transfer® que realizou a leitura do GPS estático e base. Após estes procedimentos os dados foram transferidos para o Programa Project Manager® que realizou os ajustes e correções conforme os dados do BUMM34 (base).

Para a produção dos mapas (estudo preliminar de vulnerabilidade do subsolo, localização dos furos de sondagem com curva de nível e localização dos furos de sondagem com indicativo bairros), os dados foram tratados através do programa TopoGRAPH 98SE, onde as informações foram agrupadas com o mapa georreferenciado do município de Boa Vista e geradas interpolações automáticas de curvas de nível e localização dos pontos.

O mapa de vulnerabilidade foi produzido através da análise dos resultados de caracterização obtidos pelos tratamentos estatísticos, atribuído-se a cor vermelha para as zonas menos vulneráveis e a cor azul para as zonas de maior vulnerabilidade. O divisor das zonas se deu pela mediana dos polígonos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As conexões dos resultados do banco de dados com os resultados levantados em 2006, possibilitaram a produção de um modelo de semelhança de áreas para a cidade de Boa Vista. Tal resultado é de importante relevância, visto a necessidade de se conhecer melhor o comportamento do subsolo da cidade, fator este fundamental para as políticas públicas de ocupação urbana e de meio ambiente.

4.1.GEORREFERENCIAMENTO E ALTIMETRIA

Este estudo trouxe como parte dos resultados, 03 mapas a partir dos dados levantados em 75 furos de sondagem identificados a partir de logradouros obtidos das informações do banco de dados referentes aos anos 1994 a 2007 e levantamento realizado no ano de 2006 identificado por código seqüencial do furo seguido do ano; assim como foi gerado a partir dos furos de sondagem, georreferenciamento e amarração dos pontos, assim descritos:

- 1º Mapa - Localização dos furos de sondagens com curvas de nível (Apêndice B).
Descreve o resultado do georreferenciamento dos pontos no mapa de Boa Vista identificados pelas iniciais do nome da rua; este também descreve as curvas de nível geradas automaticamente a partir dos dados de altitude , com nível de detalhamento decorrente da quantidade de pontos levantados o que limitou o trabalho nas áreas com poucos pontos. As áreas mais baixas (menor altitude) são naturalmente mais vulneráveis, visto que o lençol freático estaria mais próximo a superfície e no período chuvosa estão mais vulneráveis a inundações.
- 2º Mapa - Localização dos furos de sondagem no mapa da área urbana – indicativo bairros (Apêndice C). Descreve o inventário geral do trabalho localizando os pontos estudados dentro dos limites dos bairros da cidade
- 3º Mapa - Estudo Preliminar de vulnerabilidade do subsolo (Apêndice D).

4.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA E ZONEMANETO

4.2.1 Dados de 2006

A análise dos dados levantados no ano de 2006, demonstra que de acordo com a Análise de componentes Principais - PCA, as duas primeiras componentes principais, PC_1 vs PC_2 , descrevem 89,88 % da variação total dos dados e fornecem informações discriminatórias das amostras, onde a PC_1 descreve 69,55% da variação total dos dados e a PC_2 descreve 20,33% da variação total destes dados. Analisando apenas a PC_1 vs PC_2 , no gráfico dos scores, é possível observar a formação de dois grandes grupos denominados daqui em diante Zona 1A e Zona 1B, referentes aos dados de 2006.

Através da Análise de Agrupamentos Hierárquicos – HCA foi possível observar a formação de dois grandes agrupamentos Zona 1A e Zona 1B, Apêndice D.

A Zona 1A, compreendida pelos pontos de perfuração 13 06 localizado no bairro Alvorada; 14 06 e 15 06 entre os limites dos bairros Alvorada e Centenário; 16 06 e 18 06 já no limite de início do bairro Cidade Satélite; 19 06 no quadrante inferior esquerdo do bairro Cidade Satélite, 22 06, 23 06 e 24 06 localizados no quadrante superior direito do bairro Cidade Satélite, ficou caracterizada como a zona com o maior limite de sondagem (LIM S), variando de 11,36 m a 16,45 m e por apresentar um nível de água (NA) mais distante da superfície 9,9 m, 9,7 e 9,8 m, de acordo com o gráfico dos loadings da PC_1 vs PC_2 , conforme figura 10.

Tal resultado permitiu a visualização da exclusão do bairro Cidade Satélite dos demais no transecto de 2006, Zona 1B, a saber os bairros: Os limites entre os bairros Nova Cidade e Bela Vista, Operário, Senador Hélio Campos, Santa Luzia, Alvorada e Pintelândia . Permitindo assim afirmar a diferença marcante deste bairro analisando-se os atributos limite de sondagem, nível de água e altitude. Fato este já observado por estar a zona 1B na baixada e o Bairro Cidade Satélite numa altitude maior, confirmadas pelas curvas de nível do Apêndice B.

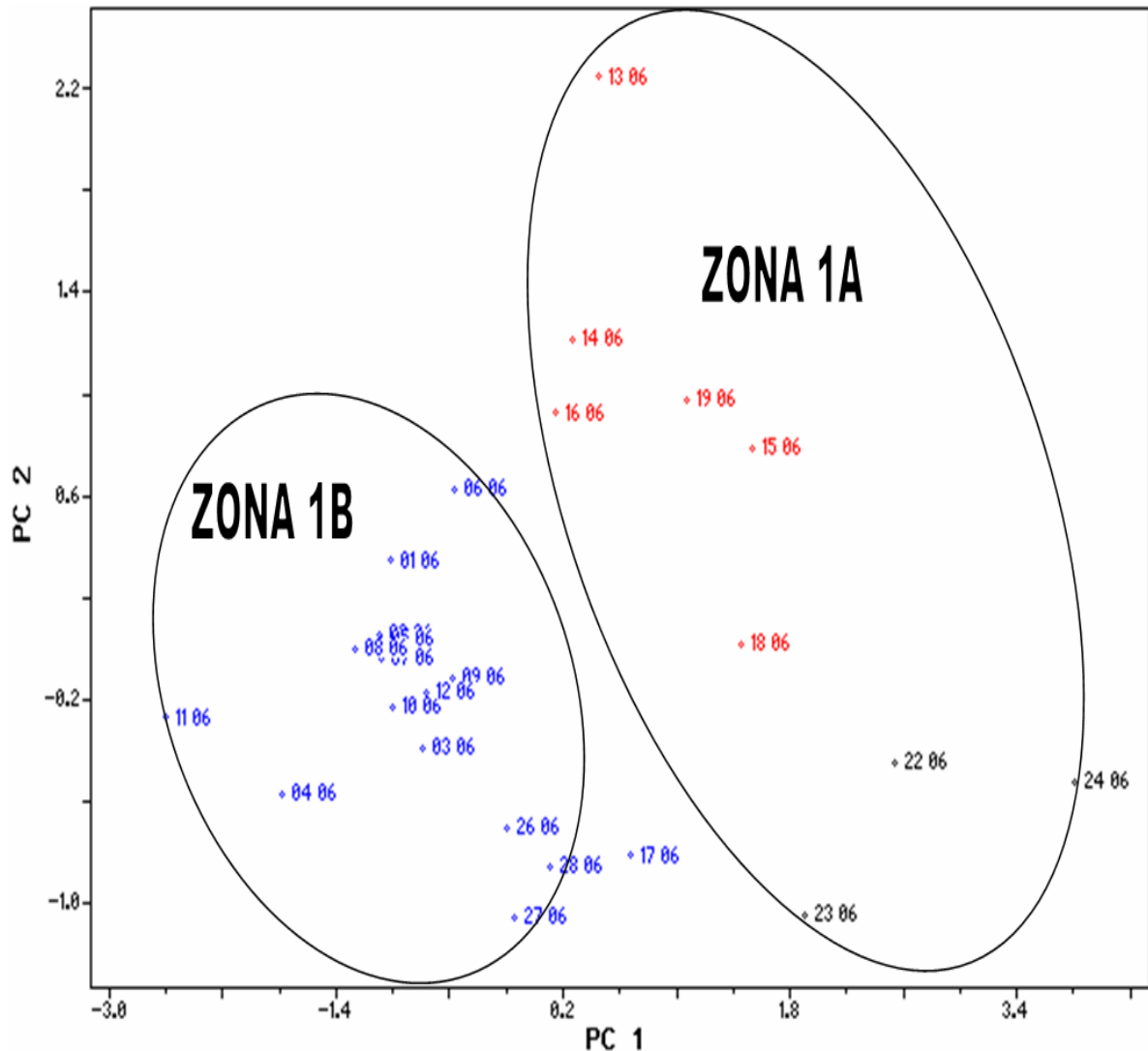


Figura 10 – Gráfico dos Scores, PC1 vs PC2, 89,88% de variação total, dados autoescalados, caracterização das zonas 1A (Bairro Cidade Satélite) e 1B (Limite entre os bairros Bela Vista e Nova Cidade, Operário, Senador Hélio Campos, Limite entre os bairro Santa Luzia e Pintelândia e Alvorada).

De acordo com o gráfico dos loadings da PC₁ vs PC₂, a Zona 1A apresenta ainda uma sub-divisão na qual os pontos de perfuração 22 06, 23 06 e 24 06, se destacam como *outliers* desta zona, pois são os pontos no qual o lençol freático está mais distante da superfície de 9,70m a 9,0m da superfície, figura 11.

A Zona 1B caracterizada pelos pontos 01 06 a 12 06 apresentou limites de sondagem variando entre 7 a 11 metros, altitude variando entre 81 a 82 metros e nível do lençol freático de 1,35 a 4,00 metros, dados este bem abaixo da média geral que apresentou valor de 6,3 m.(Apêndice D).

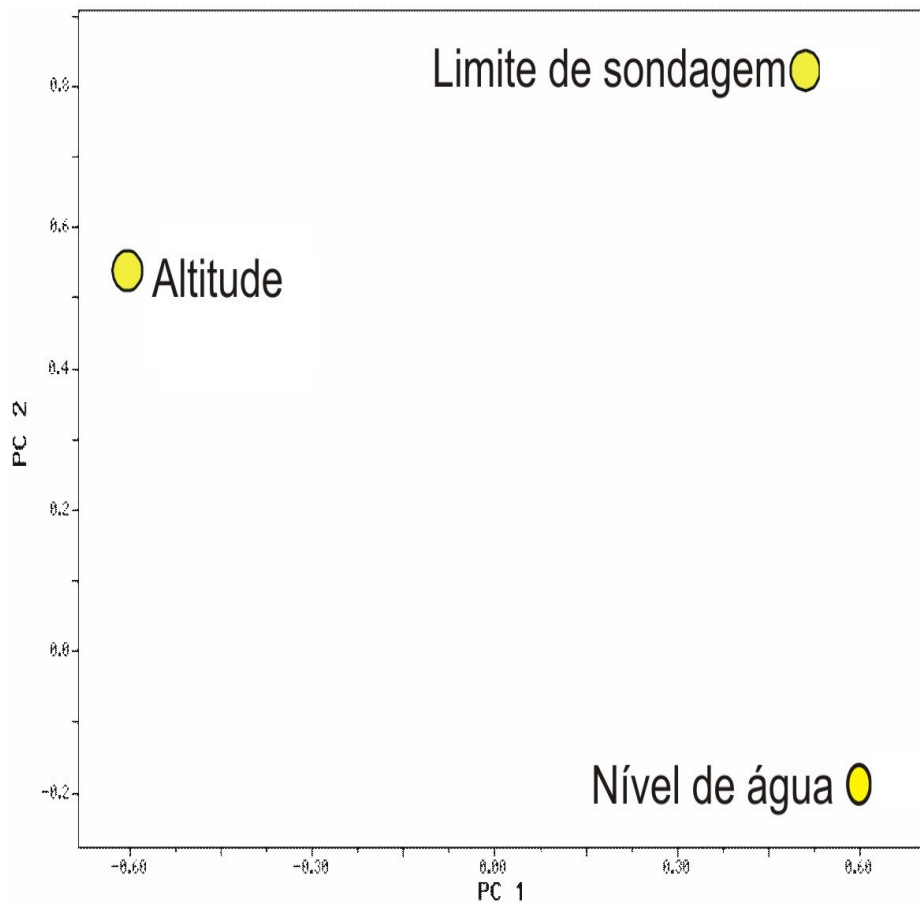


Figura 11 – Gráfico de loadings, PC1 x PC2, 89,88% de variação total, dados autoescalados, influência das variáveis sobre as amostras da zona 1A (bairro Cidade Satélite).

Em virtude da escassez de referências locais, estes resultados foram comparados com a caracterização geotécnica do Município de Natal onde o nível de água da cidade tem o mínimo de 6 a 7,5 metros de profundidade, enquanto que em Boa Vista (1 a 3 metros) é bem mais próximo à superfície do que as unidades geotécnicas descritas para Natal (CÂMARA; PEREIRA, 2005).

Através da análise de agrupamento hierárquico, foi possível confirmar o resultado da caracterização realizada pelo PCA. Observou-se a formação de dois grupos: o vermelho e o azul, sendo que o agrupamento vermelho menos vulnerável apresentou um sub-grupo definido pelos pontos 2206, 2306 e 2406, com nível de água mais distante da superfície que os demais do mesmo agrupamento (Figura 12).

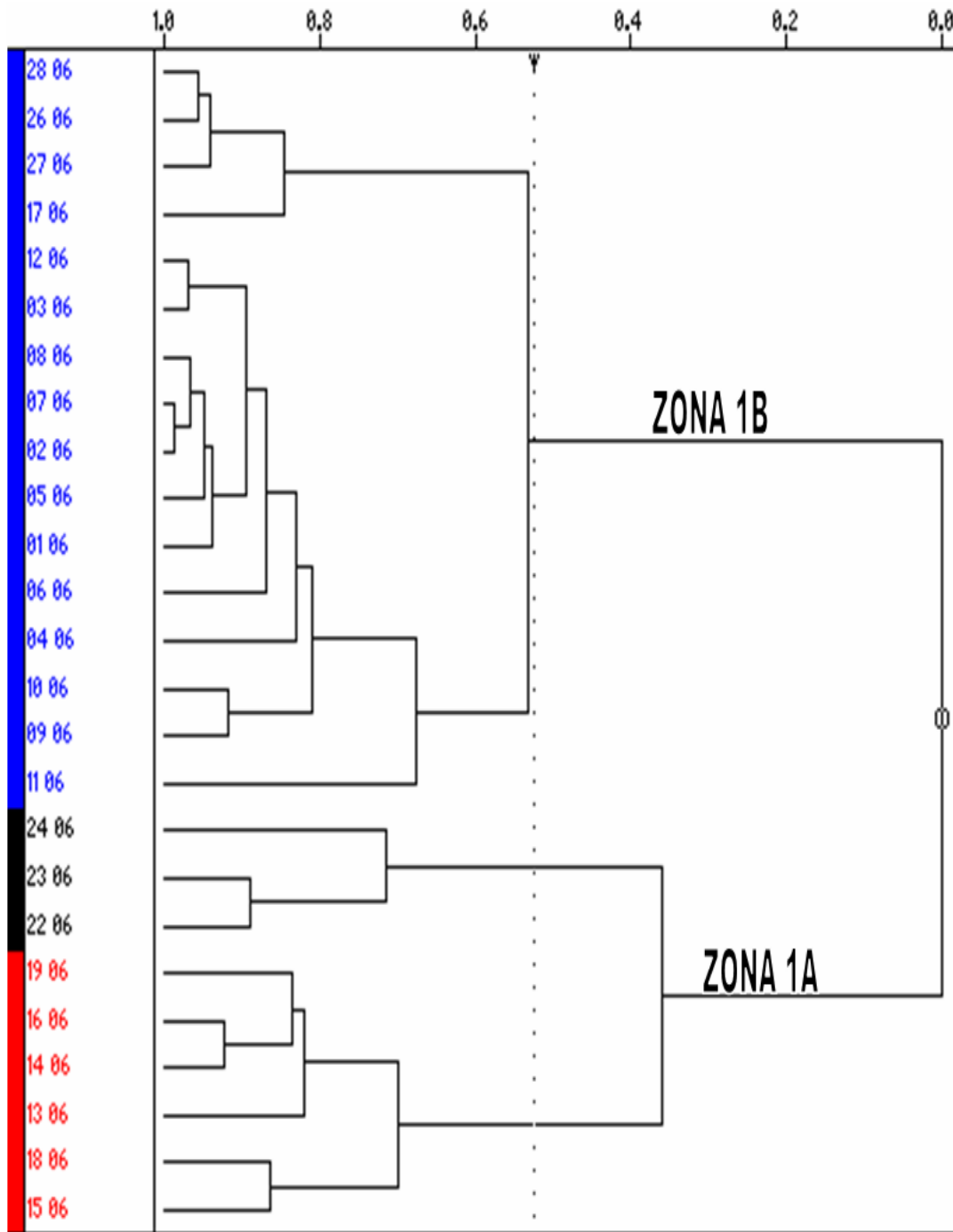


Figura 12 – Dendrograma dos dois grandes grupos formados pela Análise de Componente Hierárquico – HCA separando zona 1 em zona 1A (Limite entre os bairros Bela Vista e Nova Cidade, Operário, Senador Hélio Campos, Limite entre os bairro Santa Luzia e Pintelândia e Alvorada) e Zona 1B (bairro Cidade Satélite).

Com relação ao agrupamento dos dados de 2006 na zona 1A, Vale-Júnior e Souza (2006), através de estudos prévios realizados para subsidiar o Plano Diretor da cidade de Boa

Vista, já apontava o bairro Cidade Satélite como uma alternativa para o crescimento urbano. Nele, o autor cita a necessidade de estudos geotécnicos para complementar levantamentos iniciais sobre as boas características físicas e morfológicas fator este, positivo para a engenharia civil. Os resultados aqui apresentados afirmam esta alternativa. Porém, em termos geotécnicos, seria necessário a complementação do estudo com dados de perfil das umidades, densidade das partículas e deformabilidade, aliados aos fatores aqui descritos como limite de sondagem, nível de água e altitude.

Os resultados deste estudo, contribuem afirmando que a profundidade do lençol freático e o limite de sondagem são fatores importantíssimos para caracterizar uma área com prioridade para a ocupação de atividades potencialmente poluidoras do subsolo e ampliação da rede de esgoto nas áreas mais vulneráveis. Considerando o comportamento do lençol freático relacionado como limite de sondagem, é possível sugerir locais para a construção de uma nova lagoa de tratamento de esgotos, postos de gasolina e cemitérios, dadas as condições de nível de água, devendo-se fazer as análises complementares para postos de gasolina.

4.2.2 Banco de Dados

Com relação à série histórica de dados levantados nos anos de 1994 a 2007, de acordo com a análise de componentes principais – PCA, as duas primeiras componentes principais, PC_1 vs PC_2 , descrevem 76,27 % da variação total dos dados, onde a PC_1 descreve 48,37% da variação total dos dados e a PC_2 descreve 27,90% da variação total destes dados. Analisando o gráfico dos scores de PC_1 vs PC_2 (figura 13), é possível observar a formação de dois grandes grupos: Zona 2 e Zona 3.

O que permitiu o estabelecimento de um modelo apresentado no apêndice D, onde, apesar da limitação do programa Eigh*Sight 3.0 diante da quantidade de informações, foi possível apresentar os resultados apresentado no mesmo mapa, considerando-se a mesma metodologia e a utilização dos mesmos atributos.

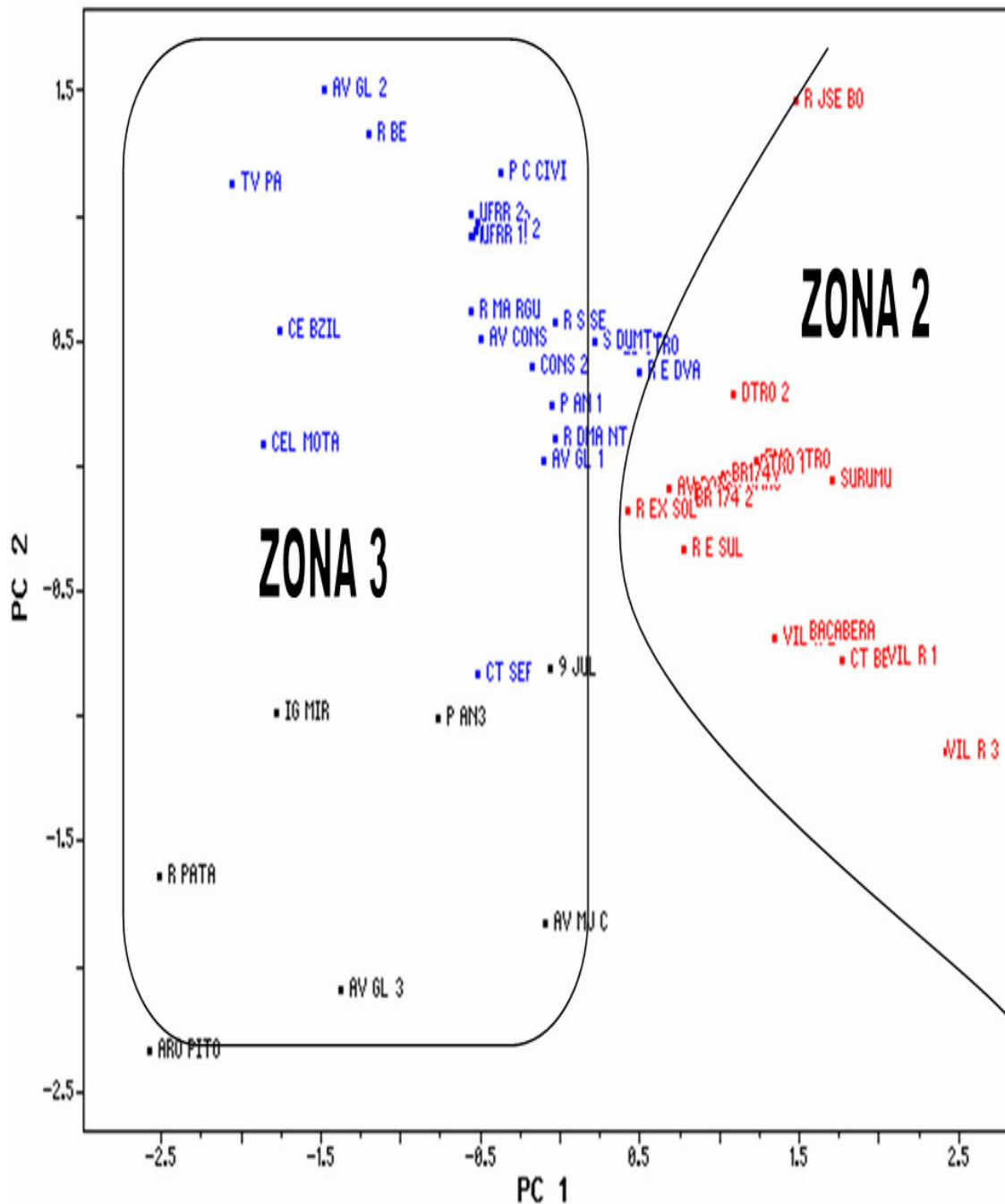


Figura 13 – Representação das mostras das Zonas 2 – (bairros Governador Aquilino da Mota Duarte, Raiar do Sol, Joquei Clube, Cinturão verde, Tancredo Neves, Jardim Floresta, 13 de Setembro, Calunga, Dos Estados, São Francisco, Canarinho, Aparecida, 31 de Março, Paraviana e Caçari) e zona 3 – (São Pedro, Centro, São Francisco, Mecejana, São Vicente, Caçari, Paraviana e parte do trajeto da BR 174) na PC1xPC2, dados de 1994 a 2007.

Outra consideração, é a análise do gráfico de loadings (figura 14), onde nota-se que a PC1 indica quais variáveis influenciaram na diferenciação entre os dois grupos havendo,

portanto, o agrupamento das variáveis limite de sondagem (LIM S) e nível de água (NA), o grupo vermelho e a variável altitude formando o grupo azul.

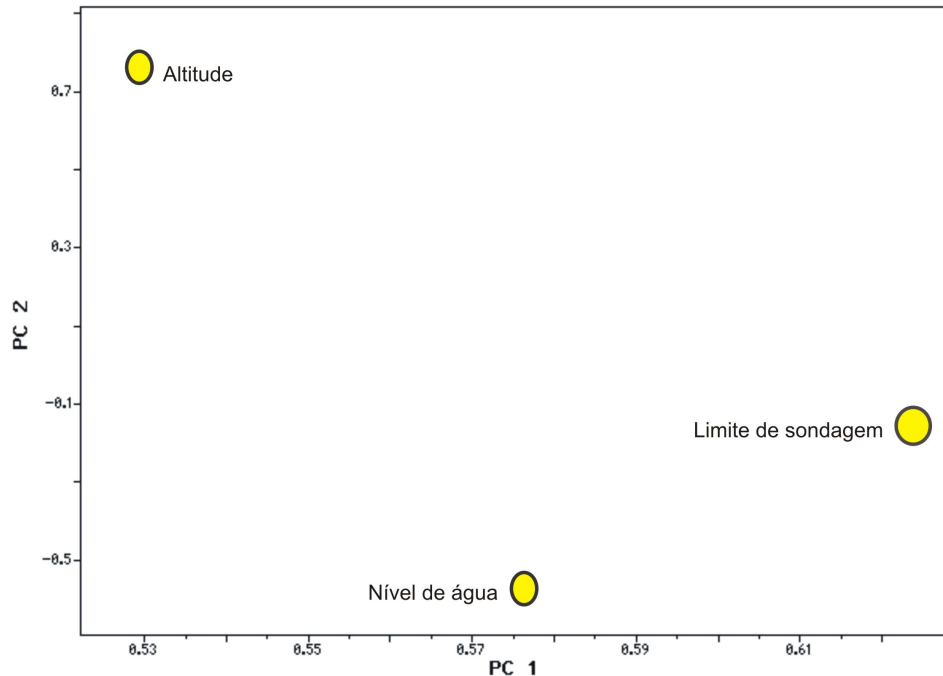


Figura 14 – Gráfico de loadings, PC1 x PC2 dos parâmetros limite de sondagem, altitude e nível de água, relativos às zonas 2 (bairros Governador Aquilino da Mota Duarte, Raiar do Sol, Joquei Clube, Cinturão verde, Tancredo Neves, Jardim Floresta, 13 de Setembro, Calunga, Dos Estados, São Francisco, Canarinho, Aparecida, 31 de Março, Paraviana e Caçari) e zona 3 – (bairros São Pedro, Centro, São Francisco, Mecejana, São Vicente, Caçari, Paraviana e parte do trajeto da BR 174). Dados de 1994 a 2007.

4.3 PERFIS DE SONDAAGEM E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Com o acompanhamento dos trabalhos realizados em 2006, a classificação do material dos perfis de sondagem, demonstraram um comportamento homogêneo das camadas de solo apresentados em sua maioria com silte arenoso das primeiras camadas, seguidos de silte arenoso e/ou argiloso nas camadas médias, terminando com solo laterítico nos perfis 0106, 0306, 0406, 0506, 0606, 0706, 0806, 0906, 1006, 1106, 1206, 2006, 2106, 2306, 2506, 2706, 2806. A exceção ficou com o perfil 0206 onde o material do limite de sondagem foi argila; os perfis amostrados 1306 a 1906 o material foram classificados como silte arenoso textura média, com concreções lateríticas precedendo o silte arenoso textura média, conforme anexo E.

Através da Análise de Agrupamentos Hierárquicos – HCA, foi possível observar a formação de dois grandes agrupamentos: Zona 2 e Zona 3 (figura 15). A Zona 2, compreendida pelos pontos em vermelho, caracterizada como a zona com o maior limite de sondagem, confirmando assim, o resultado da análise do PCA.

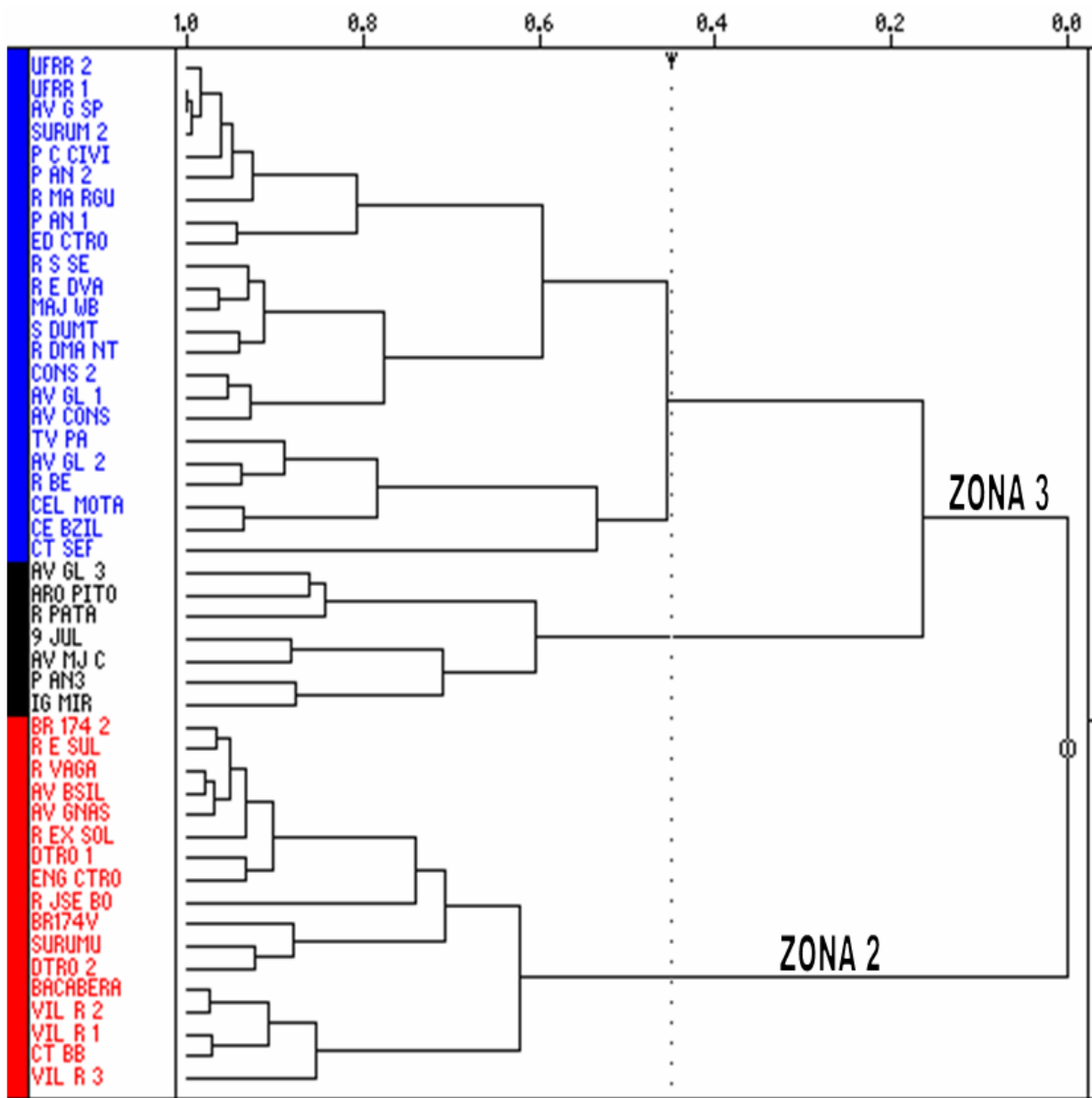


Figura 15 – Dendrograma dos dois grande grupos formados pela análise de componente Hierárquico – HCA, separando Zona 2 – (bairros Governador Aquilino da Mota Duarte, Raiar do Sol, Joquei Clube, Cinturão verde, Tancredo Neves, Jardim Floresta, 13 de Setembro, Calunga, Dos Estados, São Francisco, Canarinho, Aparecida, 31 de Março, Paraviana e Caçari) e Zona 3 – (bairros São Pedro, Centro, São Francisco, Mecejana, São Vicente, Caçari, Paraviana e parte do trajeto da BR 174).

A Zona 2 compreende os bairros - Governador Aquilino Mota Duarte (Distrito Industrial), Raiar do Sol, Jôquei Club, Cinturão Verde, Tancredo Neves, Jardim Floresta, 13 de setembro, Calungá, Parque Anauá, Dos Estados, São Francisco, Canarinho, Aparecida, 31 de março, Paraviana e Caçari e a Zona 3, os bairros São Pedro, Centro, São Francisco, Mecejana, São Vicente, Calunga, Caçari, Paraviana e parte do trajeto da BR 174.

Os resultados obtidos através dos dados de sondagens tornaram possível a caracterização de Zonas menos e mais vulneráveis à contaminação do aquífero Boa Vista, apresentados através dos mapas de vulnerabilidade do subsolo/aquífero. Onde apresenta um panorama da área urbana do município de Boa Vista, com as áreas menos vulneráveis no bairro Centro e seu transecto, até os bairros Paraviana e Caçari (figura 16). e as nas “bordas” da cidade como os bairros: Distrito Industrial, Cidade Satélite e adjacências

A figura 17, datada do ano de 1971, mostra a ausência de lagos do bairro Centro e seu transecto até a área que hoje compreende os bairros Paraviana e Caçari, aqui descritos como zona menos vulnerável (zona 3), a contaminação do aquífero.

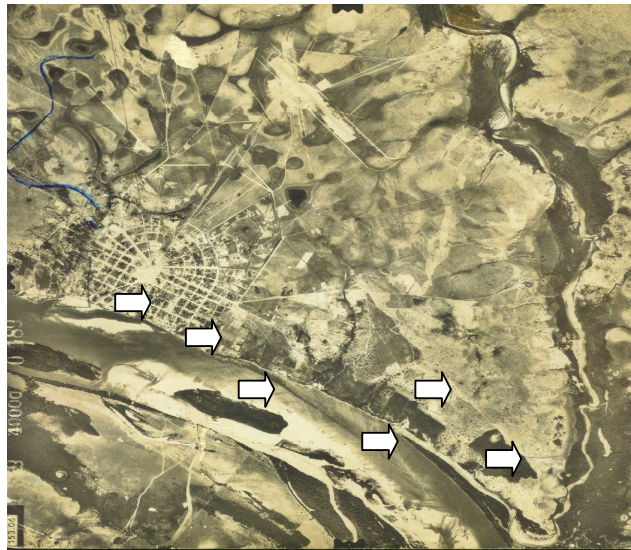


Figura 16 – Foto aérea da cidade de Boa Vista no ano de 1971, com setas evidenciando o transecto do bairro Centro até os bairros Caçari e Paraviana. Fonte: Acervo particular do Sr. Luiz Mario Severo Ávila.

Os demais bairros, por extrapolação da mediana dos polígonos, são caracterizados como menos vulneráveis, confirmados também pela tendência da formação de lagos à esquerda do Centro da cidade de Boa Vista.

No tocante à poluição do aquífero por fossas sépticas, os bairros que deveriam prioritariamente serem contemplados com obras de saneamento são, com exceção dos bairros Santa Luzia, Santa Tereza e Jardim primavera (onde já existe rede de esgotos), todos os demais não possuem rede de esgoto e são abastecidos por água subterrâneas. Quanto aos bairros em posição ambiental mais privilegiada, os mesmos são caracterizados como menos vulneráveis e estão atendidos plenamente pela rede de esgoto da Companhia de Águas e Esgotos de Roraima – CAER. Este estudo evidencia, portanto, que a ampliação da rede deve contemplar prioritariamente, os bairros que se localizam após a BR 174, mais vulneráveis, e que não contam com esgoto, como mostra o mapa fornecido pela CAER, conforme a figura 18.

Os resultados confirmados aqui justificariam a priorização dos bairros localizados na zona azul de maior vulnerabilidade, já que conforme entrevista com o Sr. Euclides José e Marilene Silva (técnicos da Gerência de Sistema de Esgoto) e Adelelmo Marques da Silva do Núcleo Técnico, da Companhia de Águas e Esgotos de Roraima – CAER, o município de Boa Vista possui atualmente 207.000 m de rede de esgoto sanitário atendendo 4.800 ligações, com projetos em andamento no Ministério das Cidades para ampliação da rede em mais 210.000m. Segundo eles, a escolha dos bairros contemplados, segue apenas o critério econômico que está relacionado com a distância que os resíduos precisarão percorrer até a estação elevatória ou estação de tratamento mais próxima, através de tubulação pressurizada, denominada emissário.

Dentre os resultados, chama a atenção a identificação do bairro Centro como uma zona menos vulnerável, o que permite dizer que a escolha da sede fazenda Boa Vista, criada pelo Capitão Inácio Lopes de Magalhães em 1830 (Jornal da Prefeitura, jun. 2007), não foi por acaso. Certamente se procurou o local mais propício e menos vulnerável a alagamento, local mais alto e com características propícias para a sede da fazenda que deu origem à cidade de Boa Vista, (figura 18), com o cerrado ao fundo, permite observar parte do bairro centro com suas características naturais de lavrado.

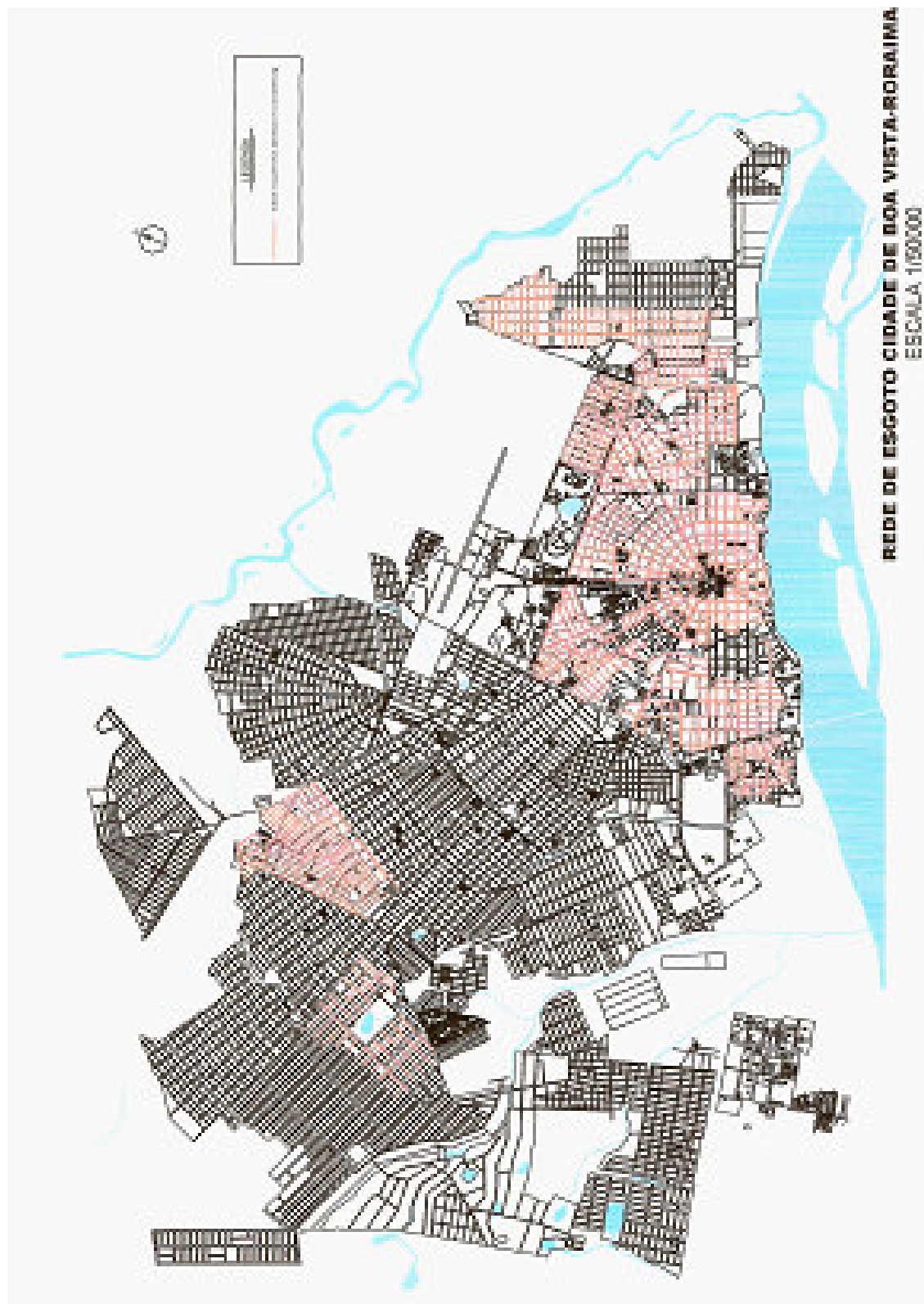


Figura 17 – Mapa de Boa Vista, com a rede de esgoto da cidade evidenciada pela cor vermelha. Fonte: Núcleo de Projetos e Obras / NPO/ CAER, (2007).

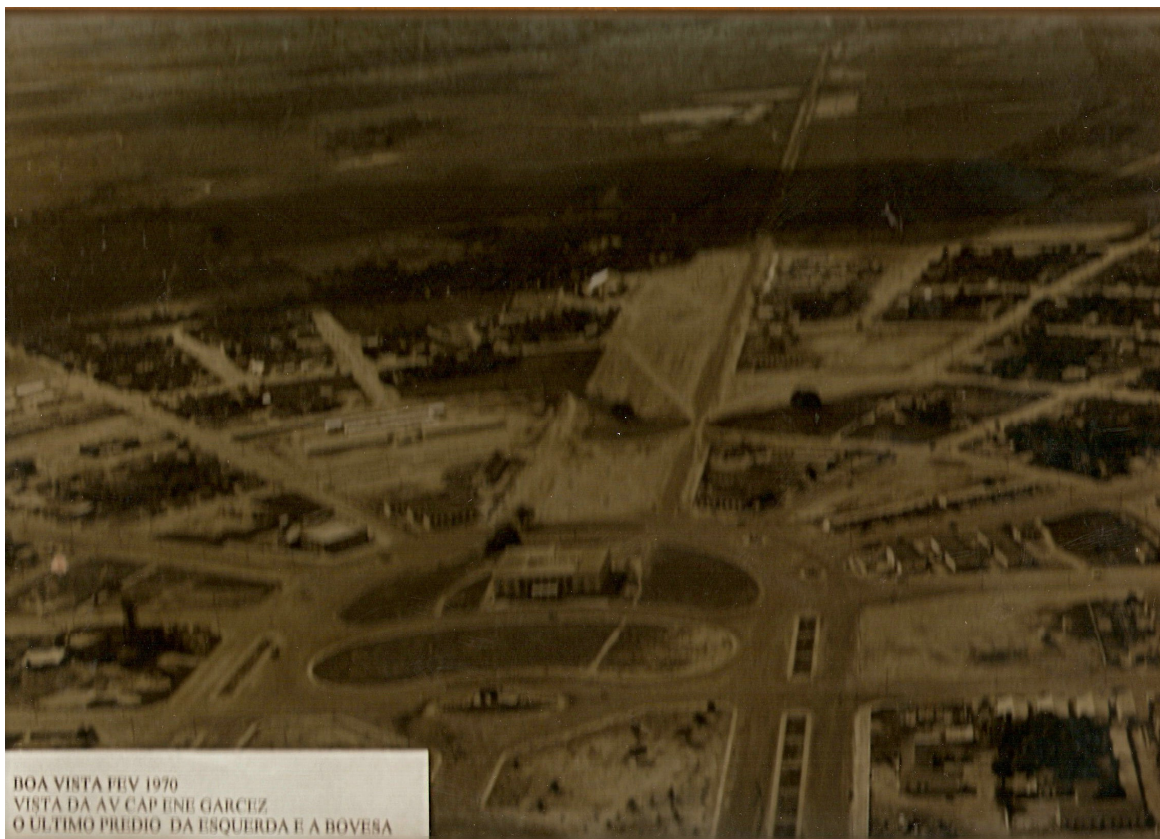


Figura 18 – Foto aérea do centro da cidade de Boa Vista, 1970
Fonte: Acervo Luiz Mario Severo Avila.

Um aspecto importante que se destaca nos resultados, é o nível de água muito próximo à superfície em grande parte da cidade, se comparado a dados de outros estados. Segundo Peixoto (2001) o nível médio de água em Lavras – MG, que apresenta de 17 metros abaixo da superfície. A cidade de Manaus - AM, que possui menores profundidades coincidindo com vales e igarapés que drenam a área urbana, com a grande maioria dos bairros com profundidade do lençol freático superior a 10 m de profundidade (BENTO 1998). Contrapondo-se à profundidade do nível do lençol freático da cidade de Boa Vista aqui levantados com mínima de 2 a 4 metros e média de 6 metros (COSTA et al., 2006).

Uma atenção especial deve ser dada ao fato de que ambos os cemitérios da cidade de Boa Vista estão localizados em zonas de maior vulnerabilidade do lençol freático.

Martins et al. (1991), analisando águas subterrâneas de três cemitérios de São Paulo e Santos - SP, verificaram que as águas não apresentaram condições higiênicas satisfatórias e, em alguns casos, foram encontrados níveis altos de nitrato. O estudo aponta também uma relação direta entre a deterioração da qualidade da água e as condições geológicas

(características litológicas e estrutura do terreno) e hidrogeológicas (nível do lençol freático) do ambiente estudado, fatores estes indispensáveis para o planejamento e implantação de cemitérios.

Ainda segundo o autor, tais resultados indicaram a variação do nível de água de 4 a 9 m de profundidade em o solo arenoso, que possibilita a permeabilidade e passagem de matéria orgânica, sendo estes bem semelhantes às características da cidade de Boa Vista.

O cemitério público Nossa Senhora de Nazaré localizado no bairro São Vicente, construído em meados dos anos 60, cuja capacidade está esgotada; e o Cemitério Campo da Saudade construído nos anos 80, no bairro Centenário. A Prefeitura de Boa Vista irá adquirir 2.000 jazigos neste cemitério, enquanto aguarda-se a construção de um novo cemitério (LOPES, 2007).

Com relação a este último item, vale ressaltar que ambos os cemitérios se encontram após a BR 174, na Zona 2 descrita aqui como de maior vulnerabilidade, tornando-se uma situação preocupante em termos ambientais. O novo cemitério descrito no Plano Diretor de Boa Vista deve ser construído na zona rural da cidade, próximo ao Monte Cristo, área localizada após o Bairro Cidade Satélite, a qual acredita-se apresentar a mesma tendência de menor vulnerabilidade à contaminação. Ainda assim, os órgãos competentes devem observar os aspectos ambientais do local.

Não se pode deixar de discorrer também, sobre a ameaça que os postos de abastecimento de combustível representam, uma vez que os compostos orgânicos presentes nos combustíveis são altamente tóxicos, como o benzeno que é cancerígeno (MELO JÚNIOR; COSTI, 2004), com o agravamento, que a maioria teve sua implantação há 15 anos.

Ainda conforme Júnior e Costi (2004), no estado de Rondônia, município de Porto Velho, estudos dessa natureza apresentaram 100% de contaminação na água utilizada pelos moradores da Vila Tupi. É importante destacar que os tanques monitorados foram renovados no ano de 2002 e 2003, o que significa que a contaminação provavelmente aconteceu antes da troca dos tanques, evidenciando o engessamento da pluma de contaminação durante um tempo inestimável, causando o sofrimento da população local, além da alta incidência de doenças graves relacionadas ao benzeno, tolueno, etil-benzeno e xileno, por serem compostos altamente tóxicos.

Desta forma, faz-se necessário a avaliação do estado real desses tanques que deve ser realizada pelos órgãos competentes, já que os postos de combustível de Boa Vista estão localizados preferencialmente na zona 2, situação mais ou menos semelhante é indicada por

Zaine e Yamada (2003) em relação aos postos de gasolina no estado de São Paulo, na unidade correspondente à Formação Corumbataí, que possui um nível de água raso.

Faz-se necessário um monitoramento para avaliar a contaminação por hidrocarbonetos nas proximidades dos postos de combustível de Boa Vista. A maioria desses estudos ainda está concentrado na região sul e sudeste do país (SOUZA; ANJOS, 2004).

Zaine e Yamada (2003), fazem o caminho inverso e mais sensato, a partir de dados sobre o comportamento do lençol freático a partir do qual se escolhem áreas para a edificação: alguns aspectos podem inviabilizar a instalação dos postos de combustível, tais como: áreas inundáveis, presença de materiais sujeitos à combustão espontânea, áreas com nível freático próximo a superfície, proximidade de sistemas de corrente contínua e qualidade do revestimento do tanque.

Boa Vista possui um conjunto de drenagens naturais cujo leito principal é o Rio Branco e tem como os seus afluentes principais o Cauamé e Igarapé Grande, este último com uma forte interdependência com a rede de lagos, aliás, toda rede de drenagem da cidade de Boa Vista teve sua origem fortemente marcada por lagos, como mostram as figuras 19 e 20.

Tal riqueza de lagos, foi e continua sendo extinta da paisagem em consequência de atos dos tomadores de decisão que nem sempre levam em conta os interesses e as necessidades de diferentes camadas sociais, direta ou indiretamente afetadas, causando lucro para uns e prejuízo para muitos. Portanto, a prática da gestão ambiental não é neutra e tampouco acontece por acaso. O Estado, ao assumir determinada postura diante das questões ambientais, está de fato, definindo quem ficará com os custos e quem ficará com os lucros advindos da ação antrópica, política, econômica e social, sobre os recursos ambientais. O processo de ocupação de Boa Vista evidencia falta de planejamento. Hoje, observa-se que o maior prejudicado é o cidadão que mora em locais inapropriados, estando à mercê de doenças e distante de ter uma qualidade de vida adequada.



Figura 19. Foto aérea da cidade de Boa Vista em 1960.
Fonte: Acervo pessoal do Sr. Luiz Mario Severo Ávila



Figura 20. Foto de satélite evidenciando a ocupação populacional atual.
Fonte: Imagem Google Earth 2006.

Após a identificação das diferentes zonas (Zonas: 1, 2 e 3), foram realizadas análises de textura do material coletado (solo/sedimento), em um ponto denominado CENTRO, escolhido para representar a região menos vulnerável (zona em vermelho) e um ponto, aqui denominado UFRR, escolhido para representar a zona azul; esta, mais vulnerável, através da classificação da textura do solo, entre perfis – próximo à superfície (A), na altura do nível de água (B) e no limite de sondagem (C), conforme dados dos apêndices F e G.

Tabela 2 – Resultados da análise de textura, realizada no laboratório de análise de solos e plantas – LASP/ EMBRAPA.

Zonas	Amostra	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
Menos vulnerável	Centro A	64,78	12,08	23,14
	Centro B	71,96	9,71	18,27
	Centro C	73,87	15,11	11,01
Mais vulnerável	UFRR A	87,49	4,5	8,01
	UFRR B	69,99	17	13
	UFRR C	59,17	21,23	19,6

Com o resultado do ensaio de textura, foi possível identificar a presença predominante de areia em todos os extratos do perfil de ambos os pontos – UFRR e Centro, confirmando a característica arenosa da Formação Boa Vista, representada principalmente por sedimentos arenosos em matriz argilosa, inconsolidados, mal selecionados com argilas arenosas.. Solos e sedimentos com essas características apresentam uma distribuição do tamanho dos poros peculiar, com um elevado volume de poros com diâmetro bastante reduzido, o que aumenta a infiltração de água, tornando os solos arenosos mais vulneráveis que os demais (BRASIL, 1975 ; BARBOSA, 1997)

Os resultados obtidos demonstram a variação do perfil Centro (figura 22), com uma diminuição da porcentagem argila e um pequeno aumento da porcentagem silte, proporcionalmente em cada nível. Já o gráfico da UFRR (figura 23), demonstra o contrário, pois à medida que se aprofunda, a quantidade de argila aumenta.

Já em Manaus, cujos solos são diferentes, o perfil próximo à superfície possui cerca de 30% de areia; a cinco metros, o que corresponde à altura média do nível de água, a porcentagem de areia aumenta para 40% e a 10 metros de profundidade o perfil se inverte e a fração areia, abrange aproximadamente 70% da amostra do perfil (BENTO, 1998).

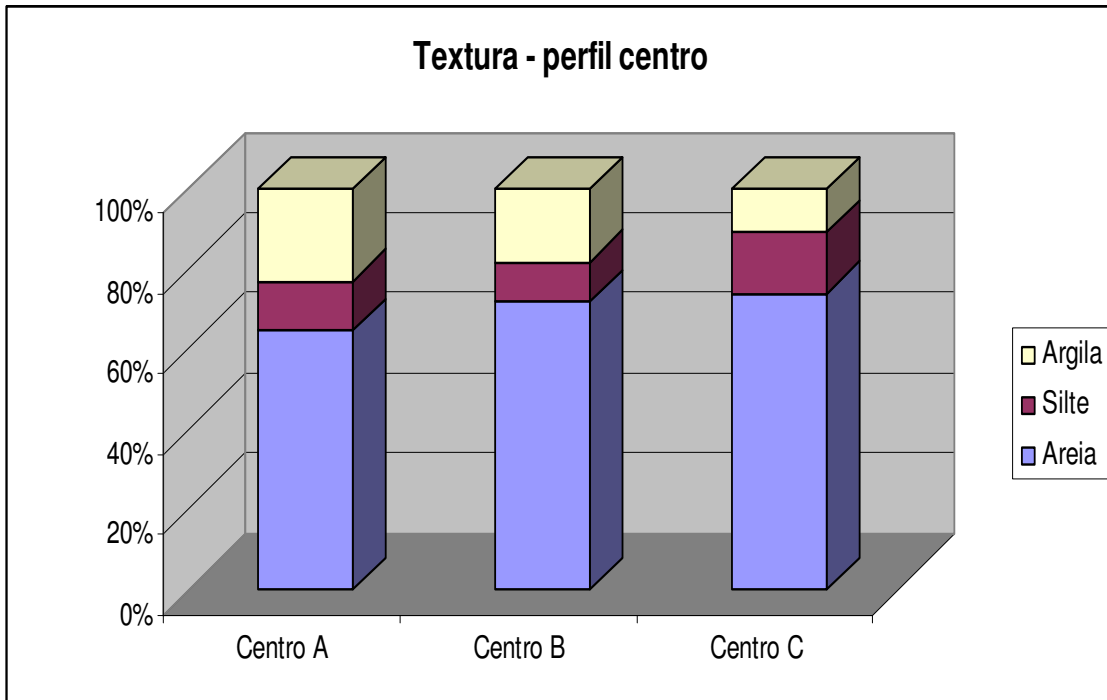


Figura 21 - Variação textural das 3 sub-amostras do Centro.

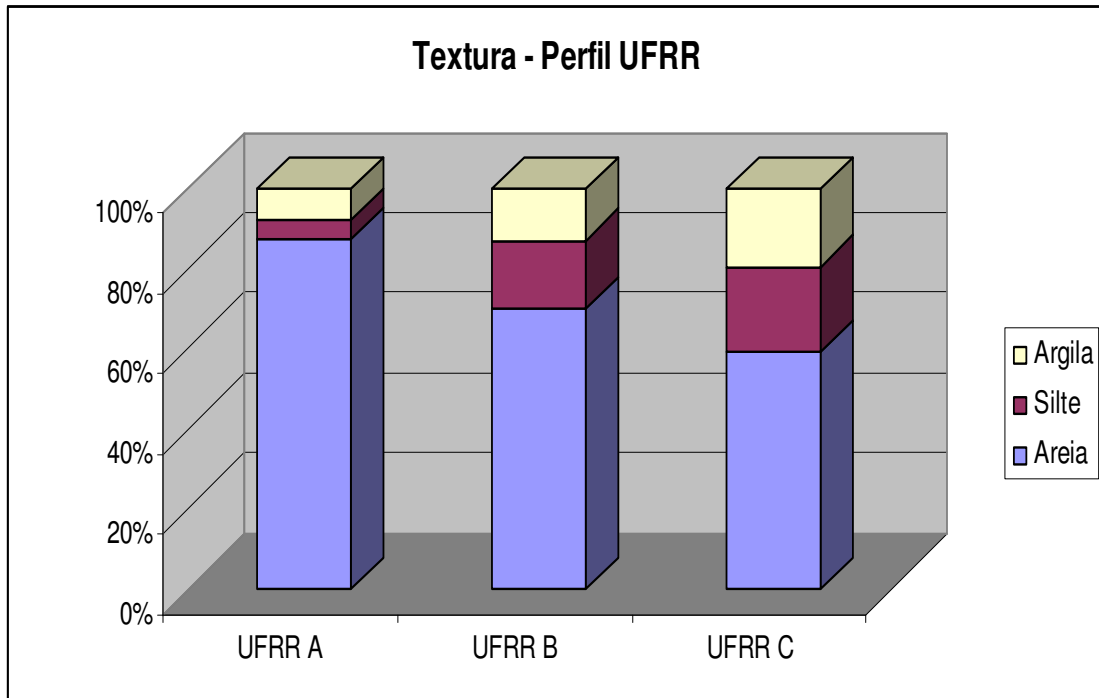


Figura 22 - Variação textural das 3 sub-amostras da UFRR.

Para as sub-amostras UFRR, o levantamento evidenciou diferenciação de classificação apenas o extrato próximo à superfície de 1m a 1,45 classificada como areia franca e os demais, como franca arenosa. O ponto Centro, apresentou o mesmo comportamento, sendo a sub-amostra próxima à superfície classificada como franco argilo arenoso e as demais, franco arenoso, conforme o resumo da Tabela 3.

Tabela 3 – Quadro resumo da identificação do solo através da textura correspondente a uma amostra do agrupamento do ponto 46 (UFRR1) e ponto 01 (Ene Garcês).

No Ord.	Local	Descrição	Classificação granulométrica
01	UFRR - Campus do Paricarana, bairro Aeroporto	UFRR-A, próximo a superfície, 1m à 1,45m.	Areia franca
02		UFRR-B, na altura do nível da água, 3m à 3,45m.	Franco arenoso
03		UFRR-C, no impenetrável, 10m a 10,45.	Franco arenoso
04	CENTRO, Av. Major Willians com Cap. Julio Bezerra.	CENTRO-A, próximo à superfície, 1m à 1,45.	Franco argilo arenoso
05		CENTRO-B na altura do nível da água, 6m à 6,45m.	Franco arenoso
06		CENTRO-C, no impenetrável, 13m a 13,45.	Franco arenoso

Martins et al. (1991) e Brandão et al. (2006), afirmam que solos arenosos possuem maior permeabilidade e o nível do lençol freático de pequena profundidade favorece o contato com contaminantes. Já onde há alternância de solos argilosos e areno argilosos, as camadas argilosas e siltosas servem como filtro natural retendo os microorganismos e a matéria orgânica do solo.

No perfil UFRR - A, a cor mais escura, próximo a superfície está associada ao maior conteúdo de matéria orgânica 9,6 g/kg (apêndice F). Outro fato interessante foi o registro de 0,1 g/kg de matéria orgânica no nível de água de 3 a 3,45m, deste mesmo perfil.

A figura 23 apresenta as amostras da UFRR, observando as leves diferenças de cores nos três níveis estudados, diferenças estas provavelmente associadas ao conteúdo em óxidos e

hidróxido de ferro. Somente na primeira amostra há presença de matéria orgânica com valor de 2,0 g/kg.

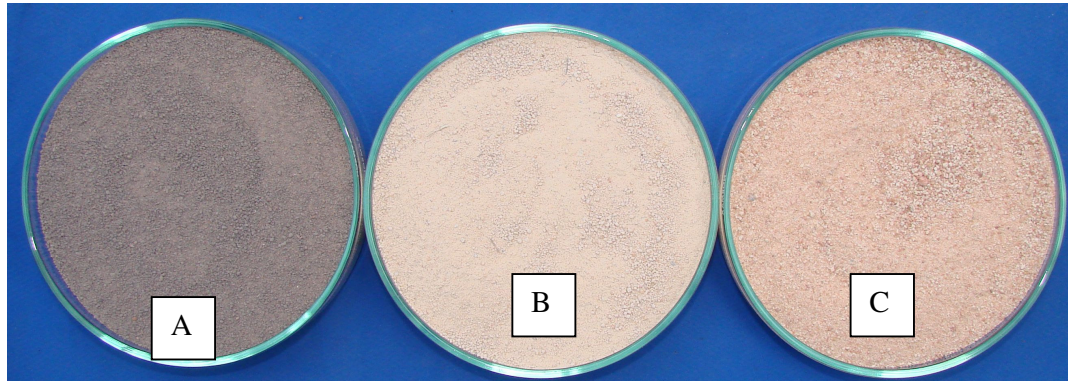


Figura 23 – Amostras UFRR: A - areia franca, B franco arenoso e C franco arenoso.

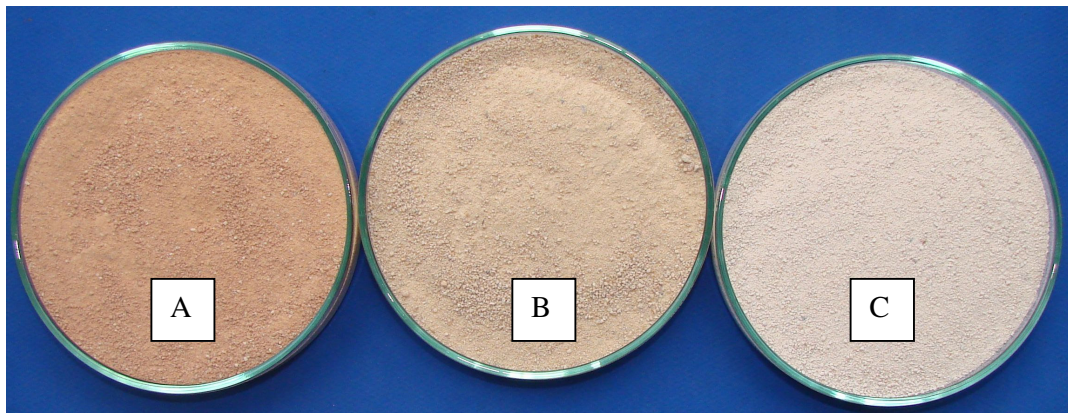


Figura 24 – Amostras CENTRO: A - franco argilo arenoso, B - franco arenoso e C - franco arenoso.

A figura 23 apresenta as amostras da UFRR, observando as leves diferenças de cores nos três níveis estudados, diferenças estas provavelmente associadas ao conteúdo em óxidos e hidróxido de ferro. Somente na primeira amostra há presença de matéria orgânica com valor de 2,0 g/kg. Tais informações confirmam a característica dos solos da Universidade que se enquadraram na Zona mais vulnerável : solos arenos alagáveis, com bastante matéria orgânica na superfície, com o aprofundamento do seu perfil a palidez característica de solos de savana.

A figura 24, demonstra a presença de argila somente na superfície, seguida de solos arenosos com sua cor clareando conforme aumenta a profundidade e ausência de óxido de ferro, característico de zonas alagáveis, o que confirma sua classificação como Zona menos vulnerável.

5 CONCLUSÕES

O aproveitamento dos dados de sondagem, como informação científica foi muito proveitoso, fornecendo subsídios que podem ser utilizados e interpretados pelas mais diferentes áreas do conhecimento.

Esses atributos ao serem analisados à luz de suas possibilidades de interpretação, e considerando suas limitações, forneceram valiosas informações sobre o subsolo de Boa Vista, principalmente no que tange à sua vulnerabilidade à poluição.

Foram identificadas 3 Zonas para a Cidade de Boa Vista: Menos Vulneráveis; Zona 1 - englobando somente o bairro Cidade Satélite e Zona 3 - os bairros Aquilino da Mota Duarte, bairro Centro e seu transecto até o bairro Caçari, bairro Caçari e bairro Paraviana.; Mais vulneráveis: Zona 2 - todos os bairros localizados após o limite da BR 174, sentido leste, com exceção do Bairro Aquilino da Mota Duarte e os bairro entre a BR 174, Centro, Caçari e Paraviana.

A média do Nível de água (NA) da cidade foi de 6,3m, os bairros com maior curva de nível se enquadraram nos bairros de menos vulnerabilidade; nos pontos Cecília Brasil, Cel Mota, Ig Mirandinha, Av Gen Sampaio registraram NA na superfície; o solo mais resistente foi o ponto Centro SEFAZ, no bairro Centro com limite de sondagem de 1,1m, o solo com menor resistência foi o ponto BR 174 localizado em área de cerrado após a ponte do Cauamé.

Os perfis do transecto do bairro Aquilino da Mota Duarte até o Bairro Cidade Satélite, demonstrou a predominância de solos classificados como silte arenosos a silte areno argilosos sobre uma camada extensa de solo laterítico na paralisação da sondagem.

Os resultados foram confirmados estatisticamente através de análise multivariada dos dados, auto escalados, ocorrendo a separação dos grupos de valores pelos gráficos dos Scores, onde os gráficos de loadings demonstraram a maior influência das variáveis nível de água e limite de sondagem. A confirmação feita através dos dendrogramas dos grupos formados pela análise de componente hierárquico, tornando possível a separação por zonas.

A zona mais vulnerável teve sua textura representada pelo ponto UFRR, caracterizado como areia franca a franco arenoso; a zona mais vulnerável foi representada pelo ponto Centro, caracterizado como franco argilo arenoso a franco arenoso.

6. SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Os impactos causados no ambiente através da contaminação da água subterrânea é um tema que deve ser amplamente estudado e debatido dentro das Universidades, bem como monitorado pelos órgãos ambientais, para evitar uma silenciosa contaminação deste importante recurso natural, gerando riscos à saúde, comprometendo a qualidade de vida da população e o desenvolvimento sustentável dentro dos padrões ético, social, ambiental e econômico, para tanto é necessário o aprofundamento deste estudo como: georreferenciamento dos postos de combustível, realização de testes para caracterizar a cidade geotecnicamente, indicar zonas menos vulneráveis a contaminação e nelas realizar teste geológicos para a construção de atividades potencialmente poluidoras do subsolo como cemitérios, postos de combustível e aterros sanitários.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. A formação Boa Vista: o significado geomorfológico e geoecológico no contexto do relevo de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLON, E. G. **Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima**. Manaus: INPA, 1997. p. 267-290.

APOITIA, L. F. M.; R. FILHO. E. F.; BITTENCOURT, A. V. L.; HINDY, E. Caracterização preliminar da qualidade das águas subterrâneas na cidade de Cuiabá - MT. **Boletim Paranaense de Geociências**, Cuiabá, n. 54, p. 7-17, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.
Resumos: **NBR 6484**. Rio de Janeiro, 2001. 6 p.

AVILA, R. E. C. **Projetos para construção das instalações provisórias de um complexo mineiro na Serra dos Carajás-PA**. 2002. 123 p. Monografia (Especialização em Educação Ambiental) – Instituto Cuiabano, Cuiabá.

BARBOSA, R. I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLÓN, E. G. **Homem, ambiente e ecologia no Estado de Roraima**. Manaus: INPA, 1997. p. 325-334.

BARBOSA, R. I.; SOUZA, J. M.; XAUD, H. A. M. Savanas de Roraima: referencial geográfico e histórico. In: , R. I.; XAUD, H. A. M.; COSTA e SOUZA, J. M. (Eds). **Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris**. Boa Vista: Boa Vista Ltda. 2005, p. 11-20.

BENTO, A. H. **Mapeamento geotécnico da área urbana de Manaus-AM**. 1998. 258p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Centro de Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Amazonas.

BERNARDES, R. S.; SOARES, S. R. A. **Fundamentos da respirometria no controle da poluição da água e do solo**. Brasília: Editora UnB, 2005.

BLANCO, E. Aquífero guarani: mitos e realidade. **Senac e Educação Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 45-50, jan. 2007.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; MIERZWA, J.C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à**

engenharia ambiental - o desafio do desenvolvimento sustentável. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 315p.

BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. V.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da água no solo**. Viçosa: UFV, 2006. 120 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Brasil visto do espaço**. Embrapa Monitoramento por Satélite. Disponível em <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/>. Acesso em 16/01/2008.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. Projeto RADAMBRASIL Folha NA. 20 Boa Vista e parte das folhas NA 21 Tumucumaque, NB-21. **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro: DNPM, 1975. 427 p. v. 8.

BRASIL. INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Sistema Nacional de Informações Hidro-Meteorológicas - SIM. 1º Distrito de Meteorologia / 82024. Boa Vista-RR. **Lat. 02°49'00"N, 060°30'00" W, Alt. 90.00 m**. Brasília, 2007.

CABRAL, N. M. T.; LIMA, L. M. Comportamento dos indicadores de contaminação por efluentes domésticos nas águas do aquífero barreiras nos bairros do Reduto, Nazaré e Umarizal – Belém-PA. **Águas Subterrâneas**, Belém, v. 19, n. 2, p.1-19, 2005.

CAMARA, K. R. R.; PEREIRA, A. C. Análise de perfis de sondagem SPT e caracterização geotécnica de solos do município de Natal. Natal, **Holos**, v. 16, n.º 1, p. 38-53, maio 2005.

CAMPOS, J. C. V. **Contaminação das águas subterrâneas na cidade de Mirante da Serra (RO)**. Disponível em: < http://cprm.gov.br/publique/media/avali_contami.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2006.

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 de mar. 2005.

CARLBERG, C. **Gerenciando dados com Excel®**. São Paulo: Person Makron, 2005.

CORSEUIL, H. X.; MARINS, M. D. M. Contaminação de água por derramamento de gasolina: o problema é grave? **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 1-8, 1997.

COSTA, J. A. V.; VALE JUNIOR, J. F.; BARBOSA, J. B. F.; TAVARES JUNIOR, S. T. **Diagnóstico físico**: Plano Diretor de Boa Vista-RR. Boa Vista: Prefeitura Municipal de Boa Vista, 2006. Disponível em: <

http://www.boavista.rr.gov.br/produto7/03_DiagInt_geologia.PDF>. Acesso em: 25 maio 2006.

CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1995.

CUNHA, J. A. R.; VIEIRA, L. B.; MAGALHÃES, A. C. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. **Engenharia na Agricultura**, v. 10, n. 1/4, p. 1-7, jan./dez. 2002.

DIAS, D. H. **O município de Boa Vista 1890–2007**: 117º aniversário. Boa Vista, RR: [s.n.], 2007.

FEITOSA, F. A. C.; FILHO, M. J. **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID, 1997.

GONÇALVES, C. W. P. **O desafio ambiental**. Rio de Janeiro: Record, 2004.

GOOGLE EARTH. **Imagem de satélite Boa Vista–RR**. Disponível em: <<http://www.googleheart.com>>. Acesso em: 26 mar. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Municípios em Roraima 2005**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 maio 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População estimada 2007 em Roraima**. 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 set. 2007.

LEFF, E. **Saber ambiental**. Petrópolis: Vozes, 2001.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LIMA, H. C. **Configuração geológico-geotécnica da região de Americana - SP: utilizando sondagens à percussão de simples reconhecimento**, 1998. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade do Estado de São Paulo–UNESP, São Paulo. p. 1-4.

LOPES, E. S. **Hidroclimatologia**. Manaus: [s.n.], 2002. v. 1-B. t. 3.

LOPES, R. Falta de túmulo - PMBV recorrerá a cemitério particular. **Folha de Boa Vista**, Boa Vista, p. 3, 25 ago. 2007.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S.; PEREIRA, R. S.; PIRES, J. M. M. Caracterização geotécnica de solos para estradas florestais: o caso da fazenda Monte Alegre da Duratex S.A. **Cerne**, v.11, n. 1, p. 84-89, jan./mar. 2005.

MARTINS, M. T.; PELLIZARI, V. H.; PACHECO, A.; MYAKI, C. A.; BOSSOLAN, N. R. S.; MENDES, J. M.; HASSUDA, S. Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios. **Saúde Pública**, São Paulo, v. 25, p. 47-52, 1991.

MATOS, B. A. **Avaliação de ocorrência e do transporte de microorganismos no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo**, 2001.140 p. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

MELO JUNIOR, H. R.; COSTI, A. C. Z. **Avaliação da contaminação das águas subterrâneas por hidrocarbonetos provenientes de posto de abastecimento de combustível na Vila Tupi, Porto Velho-RO**. Disponível em: <http://cprm.gov.br/publique/media/avali_contami.pdf>. Acesso em: 19 set. 2007 .

MOITA NETO, J. M.; MOITA, G. C. Uma introdução à análise exploratória dos dados multivariados. **Química Nova**, v. 21, n. 3. p 1-14, 1998. Disponível em: <<http://scielo.br>>. Acesso em: 16 jun. 2007.

NAEZ, T.; ISAKSSON, T.; FEARN, T.; DAVIES, T. **A user-friendly guide to multivariate calibration and classification**. [S.l.]: NIR Publications, 2002.

PARISOTTO, G.; SOUZA, J. S.; FERRÃO, M. F.; FURTADO, J. C.; MOLZ, R. F. Análise exploratória aplicada no estudo de medicamento contendo piroxicam. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 41, n. 4, p. 7-14, 2005. Disponível em: <<http://scielo.br>>. Acesso em: 23 ago. 2006.

PEIXOTO, A. S. P. **Estudo do ensaio SPT-T e sua aplicação na prática de engenharia de fundações**, 2001. 512 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). Águas subterrâneas. In: **Águas doces do Brasil**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Escrituras, 2002. p. 117-143.

RIBEIRO, M. A. C. Amazônia: a dimensão do urbano e a qualidade ambiental. **Revista**

Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, v. 57, n. 2, p. 41-65, abr./jun. 1995.

SCHAEFER, C. E. R.; VALE-JUNIOR, J. F. Mudanças climáticas e evolução da paisagem em Roraima: uma resenha do Cretáceo ao Recente. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLON, E. G. **Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima**. Manaus: INPA, 1997. p. 231-261.

SETTE SILVA, E. A vegetação de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLON, E. G. **Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima**. Manaus: INPA, 1997. p. 401-415.

SILVA, R. L. B.; BARRA, C. M.; MONTEIRO, T. C. do N.; BRILHANTE, O. M. Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis orgânicos e possíveis conseqüências para a saúde pública no município de Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, nº. 6, p. 1599-1607, 2002.

SIRVINKAS, L. P. **Manual de direito ambiental**. São Paulo: Saraiva, 2002.

SOUZA, E. L.; ANJOS, G. Contaminação das águas subterrâneas: uma visão parcial da situação de Belém e dos problemas decorrentes. In: UHLY, S.; SOUZA, E. L. (Org.). **A questão da água na grande Belém**. Belém: UFPA, 2004. p. 149-180.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEM, H. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, 1985. (Boletim Técnico de Solos; 5).

TERZAGHI, K. B. G. **Soil Mechanics in Engineering Practice**. Washington: John Wiley & Sons, 1928.

TREVES-COSTA, P.; ALMEIDA, M.; GOMES, E. Caracterização geotécnica dos solos da área da grande Lisboa e conselhos limítrofes. **Sísmica**, Lisboa, p. 312-320, 2004. Disponível em : < http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Sismica_2004. Acesso em: 16 de nov. de 2007.

VALE JUNIOR, F.; SOUZA, M. I. L. Caracterização e distribuição dos solos das savanas de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A. M.; COSTA e SOUZA, J. M. (Eds). **Savanas de Roraima: etnoecologia, biodiversidade e potencialidades agrossilvipastoris**. Boa Vista: Boa Vista 2005, p. 79-92.

ZAINE, J. E.; YAMADA, D. T. Avaliação preliminar de unidades geológico-geotécnicas aplicada à instalação de postos de abastecimento de veículos em Rio Claro-SP. In:

SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE – SOCIEDADE BRASILEIRA DE
GEOLOGIA, 7., 2003, Águas de São Pedro. **Resumos.** São Paulo: SBG, 2003. p. 218.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Planilha com dados de campo, com valores autoescalados.

N. Ord.	Endereço	LIMITE DE SONDAGEM (m)	PRECIPITAÇÃO Média de 15 dias antes da sondagem (mm)	NÍVEL DE ÁGUA (m)	ALTITUDE (m)
1	ENEG CTR	11.700	4.9100	7.95000	82.3180
2	CE BSIL	5.4500	1.4000	0.00100	76.9480
3	MAJ WB	10.540	2.8000	4.10000	81.2350
4	CT SEF	1.0100	0.2000	11.5700	78.4430
5	AV GL 1	7.2000	7.7100	6.28000	79.8800
6	CEL MOT	6.4500	0.1200	0.00100	74.7440
7	CT BB	14.220	2.9800	10.1000	80.3870
8	P C CIV	10.350	12.960	0.00100	81.4000
9	ARO PIT	6.8000	1.4100	3.10000	64.4480
10	VIL R 1	15.010	0.1700	10.3200	80.8300
11	VIL R 2	12.530	0.0010	9.53000	80.0000
12	VIL R 3	13.800	17.970	13.8300	81.5000
13	ED CTRO	13.450	7.8800	2.10000	80.1530
14	R BE	5.6600	0.0010	0.00100	81.2200
15	R JSE B	10.885	1.6000	5.90000	88.0900
16	IG MIR	10.450	0.0010	0.00100	69.8590
17	P NA 1	13.300	10.250	1.30000	78.1620
18	P NA 2	9.2300	0.0010	0.80000	80.7790
19	P NA 3	14.250	5.1900	1.00000	71.4100
20	R E DVA	10.450	0.0010	5.25000	81.5970
21	R EX SO	11.800	0.1300	5.30000	78.9970
22	R DAM N	10.250	0.4000	4.03000	79.0980
23	R E SUL	11.800	0.4000	7.03000	79.0980
24	S DUMT	11.420	13.880	3.10000	80.6620
25	DTR 1	13.350	0.0300	6.65000	81.4390
26	DTR 2	14.620	2.9550	4.53000	81.4290
27	AV CONS	5.3500	0.3200	5.00000	80.9820
28	CONS 2	7.3000	0.4000	5.00000	80.8270

29	SURUMU	16.400	6.2300	6.40000	81.5950
30	BACABER	12.450	0.9200	10.1800	80.6550
31	AV MJ C	11.960	0.0010	7.37000	71.9540
32	9 JUL	10.450	0.4000	6.05000	75.9800
33	R MA RG	11.229	0.4000	0.00100	78.6654
34	MJ W SE	9.9100	0.0010	4.91000	79.8979
35	AV GNAS	12.400	6.7600	6.67000	80.8830
36	AV G SP	10.250	1.6700	0.00100	80.0310
37	AV VEN	7.8700	6.7400	4.10000	88.7929
38	AV BSIL	11.660	0.5000	6.15000	80.1820
39	AV GL 2	3.6700	13.180	0.00100	81.7500
40	R PATA	3.3800	4.5300	4.20000	68.3660
41	R VAGA	12.340	4.5300	6.13000	80.1710
42	SURUM 2	10.330	0.5200	0.00100	80.1750
43	AV GL 3	8.4300	6.3000	5.80000	68.4420
44	BR 174	17.200	0.5300	3.15000	79.1090
45	R S SE	8.5300	10.5100	4.15000	81.3500
46	TV PA	2.0300	1.60000	0.00100	79.3310
47	BR 174	11.080	3.49000	7.16000	80.6770
48	UFRR 1	10.280	1.29000	0.00100	80.0370
49	UFRR 2	9.9600	0.94000	0.00100	80.4200
50	0106	11.150	3.73000	1.35000	81.8500
51	0206	10.450	3.73000	1.55000	81.7800
52	0306	10.010	3.73000	2.00000	81.1000
53	0406	8.3000	3.73000	0.90000	81.9500
54	0506	10.250	3.73000	2.30000	82.0500
55	0606	12.300	3.73000	1.85000	81.6600
56	0706	10.300	3.73000	1.50000	81.6600
57	0806	10.050	3.73000	1.50000	81.9700
58	0906	10.450	3.73000	3.65000	81.7200
59	1006	9.4500	3.73000	4.00000	82.4000
60	1106	7.2600	3.73000	1.80000	83.8100
61	1206	10.400	3.73000	2.20000	81.3500

62	1306	16.450	3.73000	3.80000	82.4700
63	1406	14.450	3.73000	3.00000	81.4600
64	1506	15.450	3.73000	4.30000	79.7200
65	1606	13.450	3.73000	4.05000	81.8000
66	1706	11.350	3.73000	3.30000	79.0700
67	1806	13.450	3.73000	6.20000	79.9000
68	1906	14.450	3.73000	6.60000	81.5400
69	2006	7.2200	3.73000	0.00100	80.4100
70	2106	7.2200	3.73000	0.00100	78.8600
71	2206	13.450	3.73000	9.90000	79.3900
72	2306	11.360	3.73000	9.70000	79.6800
73	2406	15.450	3.73000	9.80000	77.4000
74	2506	8.4100	3.73000	0.00100	79.4000
75	2606	10.200	3.73000	2.90000	80.3000
76	2706	9.4000	3.73000	3.90000	80.3000
77	2806	10.230	3.73000	3.70000	80.0500

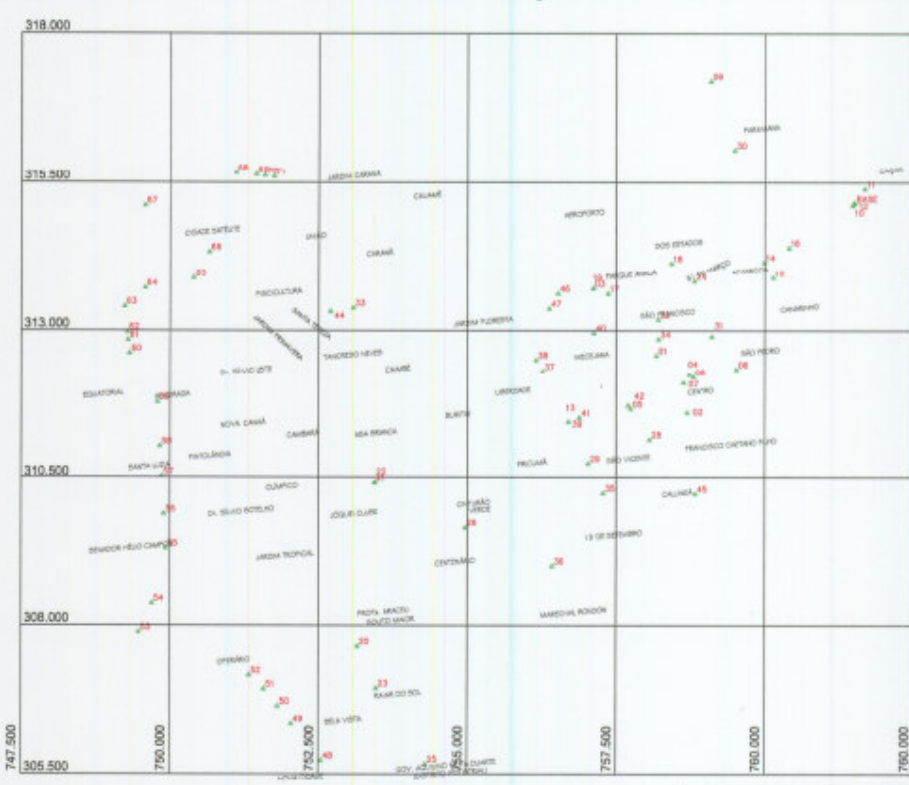
Obs.: Os valores em negrito não foram utilizados.

APÊNDICE B

Mapa de localização dos furos de sondagens com curvas de nível.

APÊNDICE C

Mapa de localização dos furos de sondagens no mapa da área urbana
indicativo bairros.



Coordenadas Geográficas do Levantamento

Ordem	Pontos	Latitude	Longitude	Altitude
1	A. Ene Gomes	312 215,27	758 175,20	52,52
2	Rua Cecília Brasil	311 888,88	758 880,82	78,06
3	Av. Major Wilfredo	312 888,88	757 111,88	64,24
4	Centro	312 240,87	758 728,84	78,44
6	Clayton de Paiva 1	311 884,41	757 744,85	78,57
6	Clayton de Paiva 2	312 343,82	758 827,43	78,74
7	Centro BB	312 104,61	758 421,75	65,38
8	Parque do Centro Civico	312 204,78	758 785,12	61,42
9	Rua Antonio A. A. Floriano	311 877,12	758 288,48	64,48
10	Vila Pity 1	315 458,71	761 475,36	68,01
11	Vila Pity 2	315 880,25	761 680,88	68,88
12	Vila Pity 3	316 347,68	761 880,80	61,15
13	Rua Edison Castro	311 115,34	758 883,83	68,15
14	Rua dos Beneditinos	314 358,28	760 891,87	61,42
16	Rua José Benedito	315 882,88	760 142,22	61,02
16	Rua José Benedito	314 400,24	760 428,96	68,96
17	Parque Anália 1	312 814,34	757 881,38	78,18
18	Parque Anália 2	314 138,44	758 427,86	68,78
18	Parque Anália 3	313 700,31	757 177,36	75,41
20	Rua Estrela Odeia	307 861,57	753 181,28	61,00
21	Rua das Estrelas x Av. B. do Sol	310 400,88	763 438,13	78,00
21	Rua Dama de Fátima	312 654,14	753 440,88	78,18
23	Rua Emma do Sul	308 822,27	763 487,81	68,84
24	Av. Garcia Duroni	313 822,68	758 912,30	68,68
25	Centro Industrial 1	308 880,88	754 280,48	61,44
26	Centro Industrial 2	308 884,88	754 684,72	68,88
26	Centro Industrial 3	311 448,73	758 688,72	68,60
27	Av. Coronado	311 148,70	758 088,72	68,60
28	Rua Sunnis	316 748,78	757 028,78	61,60
30	Rua de São Carlos	314 821,23	758 821,23	68,68
31	Av. Major Wilfredo	312 885,88	758 185,17	71,05
32	Rua 2 de Julho	313 880,49	758 232,87	78,72
33	Rua Maria Rodrigues	313 274,74	763 078,88	78,08
34	Av. Major Wilfredo	312 880,78	758 238,88	78,08
35	Av. José Guadalupe	312 228,75	767 282,21	68,69
36	Parque Laranjeiras	308 120,84	758 420,82	68,02
37	Av. Verocelli	312 288,88	758 283,84	61,78
38	Av. Brasil	312 488,88	758 188,18	68,18
38	Clayton de Paiva 2	311 448,68	758 188,25	61,75
40	Paralela - Visão da Gama	312 888,30	767 232,47	68,17
41	Symyx 2	311 818,82	758 884,82	68,18
42	Clayton de Paiva 3	311 728,88	767 171,73	68,44
43	881 134	314 888,78	768 483,84	68,68
44	Rua São Sebastião	313 317,88	762 686,72	78,32
45	Theresa Patrão 3	312 278,45	768 830,32	72,44
46	UPPER 1	312 817,21	768 828,88	78,08
47	UPPER 2	313 884,28	768 878,28	77,87
48	01 08	308 724,72	762 048,82	68,08
48	02 08	308 838,82	762 041,11	68,30
48	03 08	308 838,78	761 810,80	78,40
51	04 08	308 811,42	761 078,30	77,40
52	05 08	307 775,78	761 328,72	78,68
53	06 08	307 888,78	748 475,35	78,38
54	07 08	308 888,44	748 688,28	78,68
58	08 08	308 815,70	748 628,21	68,41
58	09 08	308 881,12	748 688,41	68,41
57	10 08	318 827,84	748 888,48	61,84
58	11 08	311 045,27	748 628,87	78,80
58	12 08	311 783,23	748 788,71	78,27
60	13 08	312 678,88	748 818,88	61,88
61	14 08	312 643,20	748 294,73	78,72
62	15 08	312 877,43	748 290,33	61,46
63	16 08	313 484,25	748 238,18	62,47
64	17 08	313 713,88	748 881,08	61,35
64	18 08	313 880,98	750 336,68	68,81
66	19 08	314 991,15	760 684,01	61,40
67	20 08	318 142,88	761 116,68	61,72
68	21 08	315 683,78	761 327,08	62,80
69	22 08	318 634,38	761 438,72	61,87
70	23 08	318 616,88	761 682,68	61,88
71	24 08	318 888,88	761 748,68	62,28
72	25 08	-	-	61,85
73	26 08	-	-	61,10
74	27 08	-	-	61,78
75	28 08	-	-	61,85
80 08	318 180,83	761 812,83	78,76	

LEGENDA :

LOCALIZAÇÃO DO PONTO

DESCRIÇÃO DOS PONTOS

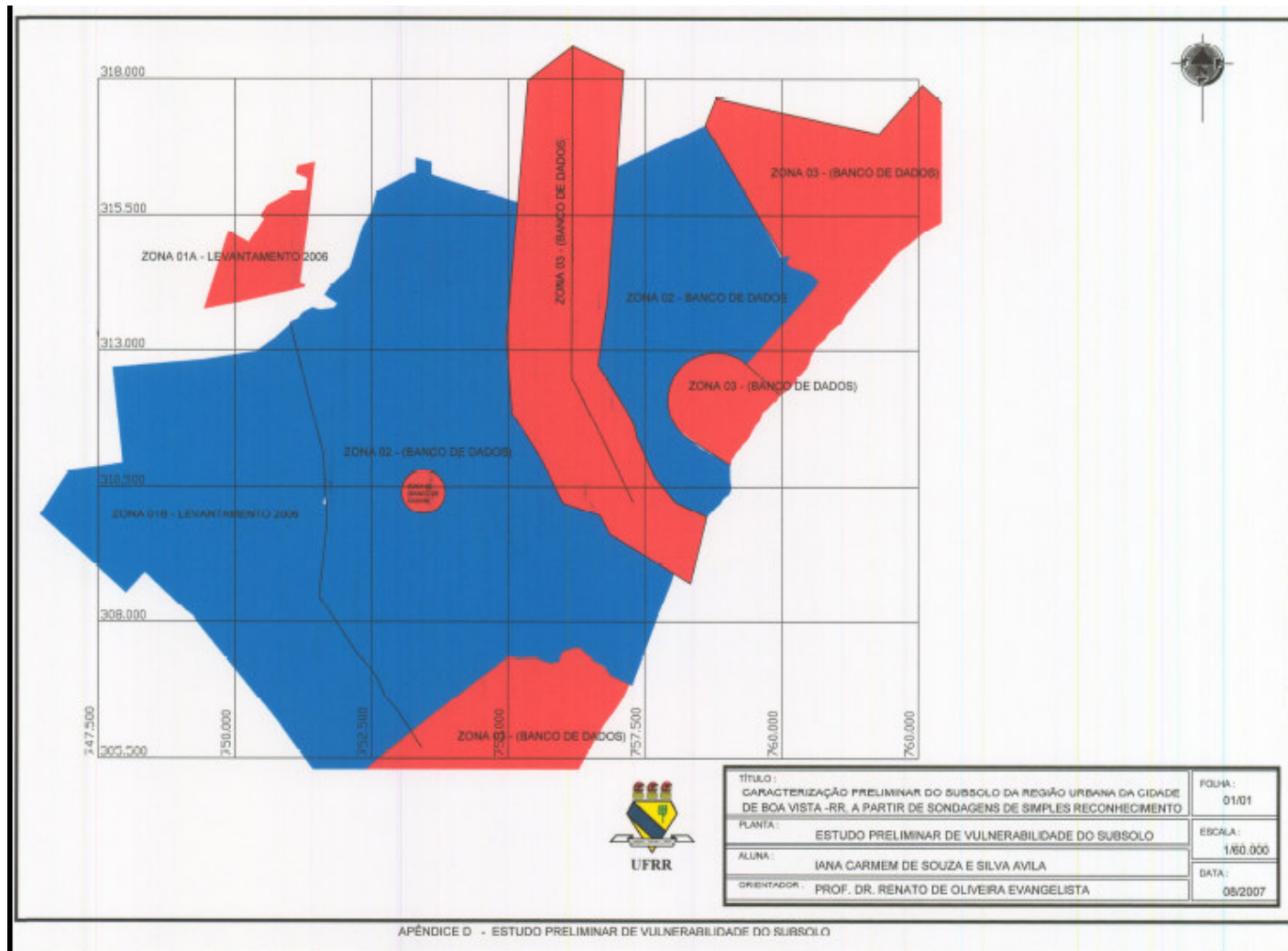


TÍTULO:	CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DO SUBSOLO DA REGIÃO URBANA DA CIDADE DE BOA VISTA -RR, A PARTIR DE SONDAJENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO	FOIHA:	01/01
PLANTA:	MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS FUROS DE SONDAJENS NO MAPA DA ÁREA URBANA - INDICATIVO BAIRROS	ESCALA:	1/80.000
ALUNA:	IANA CARMEM DE SOUZA E SILVA AVILA	DATA:	08/2007
ORIENTADOR:	PROF. DR. RENATO DE OLIVEIRA EVANGELISTA		

APÊNDICE C - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS FUROS DE SONDAJENS NO MAPA DA ÁREA URBANA - INDICATIVO BAIRROS

APÊNDICE D

Mapa de estudo Preliminar de vulnerabilidade de subsolo.



TÍTULO:	CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DO SUBSOLO DA REGIÃO URBANA DA CIDADE DE BOÁ VISTA -RR, A PARTIR DE SONDAJENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO	FOLHA:	01/01
PLANTA:	ESTUDO PRELIMINAR DE VULNERABILIDADE DO SUBSOLO	ESCALA:	1:80.000
ALUNA:	IANA CARMEM DE SOUZA E SILVA AVILA	DATA:	08/2007
ORIENTADOR:	PROF. DR. RENATO DE OLIVEIRA EVANGELISTA		

APÊNDICE D - ESTUDO PRELIMINAR DE VULNERABILIDADE DO SUBSOLO

APÊNDICE E

Conjunto de perfis de sondagens de simples reconhecimento à percussão (SPT), no transecto dos pontos referentes à análise de 2006.

DATE	TIME	LOCATION	DEPTH	TEMPERATURE	WIND	SEA	WEATHER	REMARKS
1965	0800	10°N 105°E	10	28.5	10	1	B	Clear
1965	0830	10°N 105°E	20	27.5	10	1	B	Clear
1965	0900	10°N 105°E	30	26.5	10	1	B	Clear
1965	0930	10°N 105°E	40	25.5	10	1	B	Clear
1965	1000	10°N 105°E	50	24.5	10	1	B	Clear
1965	1030	10°N 105°E	60	23.5	10	1	B	Clear
1965	1100	10°N 105°E	70	22.5	10	1	B	Clear
1965	1130	10°N 105°E	80	21.5	10	1	B	Clear
1965	1200	10°N 105°E	90	20.5	10	1	B	Clear
1965	1230	10°N 105°E	100	19.5	10	1	B	Clear
1965	1300	10°N 105°E	110	18.5	10	1	B	Clear
1965	1330	10°N 105°E	120	17.5	10	1	B	Clear
1965	1400	10°N 105°E	130	16.5	10	1	B	Clear
1965	1430	10°N 105°E	140	15.5	10	1	B	Clear
1965	1500	10°N 105°E	150	14.5	10	1	B	Clear
1965	1530	10°N 105°E	160	13.5	10	1	B	Clear
1965	1600	10°N 105°E	170	12.5	10	1	B	Clear
1965	1630	10°N 105°E	180	11.5	10	1	B	Clear
1965	1700	10°N 105°E	190	10.5	10	1	B	Clear
1965	1730	10°N 105°E	200	9.5	10	1	B	Clear
1965	1800	10°N 105°E	210	8.5	10	1	B	Clear
1965	1830	10°N 105°E	220	7.5	10	1	B	Clear
1965	1900	10°N 105°E	230	6.5	10	1	B	Clear
1965	1930	10°N 105°E	240	5.5	10	1	B	Clear
1965	2000	10°N 105°E	250	4.5	10	1	B	Clear
1965	2030	10°N 105°E	260	3.5	10	1	B	Clear
1965	2100	10°N 105°E	270	2.5	10	1	B	Clear
1965	2130	10°N 105°E	280	1.5	10	1	B	Clear
1965	2200	10°N 105°E	290	0.5	10	1	B	Clear
1965	2230	10°N 105°E	300	0.0	10	1	B	Clear

Apêndice F
Resultado da análise granulométrica.



Roraima

Laboratório de Análise de Solos e Plantas - LASP
RESULTADOS ANALÍTICOS

Remetente: Iana Carmem Avila
Localidade: Mun. Boa Vista-RR / UFRR - Campus Paricarana
Material: Solo

Análise solicitada: Macronutrientes, Textura
Recomendação solicitada: Não Solicitou

Data de conclusão da análise: 2/8/07

Nº. Am.	Identificação	H ₂ O		CaCl ₂		Complexo Sortivo										
		pH	pH	Ca	Mg	K	Na	AI	H+Al	mg/dm ³		cmolc./dm ³		%		
257	UFRR, A-1.00/1.45	5,4		0,13	0,02	0,01	ND	0,52	1,98	NS	2,13	SB	CTCt	CTCe	V	m
258	UFRR, B-3.00/3.45	5,57		0,17	0,01	0,01	ND	0,24	0,50	NS	0,00	0,19	0,7	0,4	27,5	56
259	UFRR, C-10.00/10.45	5,7		0,19	0,02	0,01	ND	0,57	1,24	NS	0,00	0,22	1,5	0,8	15,1	72

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)

Nº. Am.	Identificação	g/kg										mg/dm ³					
		Areia	Silte	Argila	C.O	N	MO	Fe	Mo	Zn	Cu	Mn	B				
257	areia branca	87,49	4,5	8,01	NS	NS	9,6	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
258	areia amarela	69,99	17	13	NS	NS	0,1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
259	areia amarela	59,17	21,23	19,6	NS	NS	0,0	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

Obs: NS = Não Solicitado / ND = Não Determinado

Data da Entrada no SDL: 12/07/2007

Data da Saída P/ACN: 02/08/2007

A presente análise tem valor restrito à amostra entregue no laboratório.

Mirian Cristina Gomes Costa
Responsável Técnico

Apêndice G

Identificação granulométrica conforme Diagrama de Feret, dos extratos dos perfis do Centro, nas sub-amostras A (franco argilo arenoso), B (franco arenoso) e C (franco arenoso) e UFRR, nas sub-amostras A (areia franca), B (franco arenoso) e C (franco arenoso)

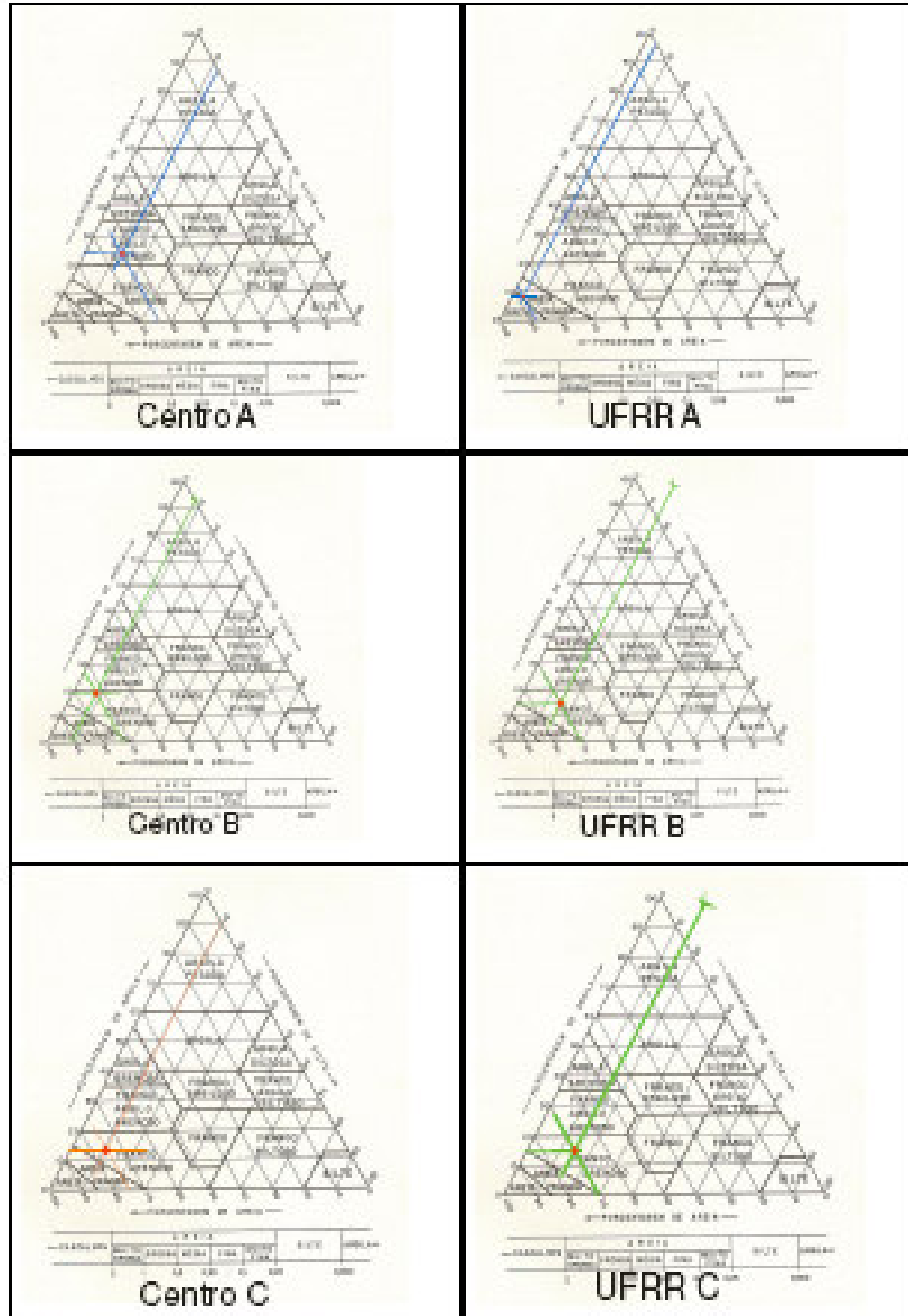


Figura 22. Identificação granulométrica conforme Diagrama de Feret, dos extratos dos perfis Centro, nas sub-amostras A (Franco Argilo Arenoso), B (Franco Arenoso) e C (Franco Arenoso) e UFRR, nas sub-amostras A (Areia Franca), B (Franco Arenoso) e C (Franco Arenoso).