



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

PEDRO GOES BORGES

**ESTUDO HIDROQUÍMICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE
CATU-BAHIA**

SALVADOR
2015

PEDRO GOES BORGES

**ESTUDO HIDROQUÍMICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE
CATU-BAHIA**

Monografia apresentada ao Curso de Geologia da Universidade Federal da Bahia – UFBA, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Augusto de
Morais Nascimento

SALVADOR

2015

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca do Instituto de Geociências - UFBA

B732

Borges, Pedro Goes

Estudo hidroquímico das águas subterrâneas do município de
Catu-Bahia / Pedro Goes Borges.- Salvador, 2015.

73 f. : il. Color.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Augusto de Morais Nascimento
Monografia (Conclusão de Curso)– Universidade Federal da
Bahia. Instituto de Geociências, 2015.

1. Química da água. 2. Águas subterrâneas - Catu (BA). 3.
Água - Análise. I. Nascimento, Sérgio Augusto. II. Universidade
Federal da Bahia. III. Título.

CDU: 556.33(813.8)

PEDRO GOES BORGES

**ESTUDO HIDROQUÍMICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE
CATU-BAHIA**

Monografia apresentada à Universidade Federal da Bahia – UFBA, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sérgio Augusto de Morais Nascimento (Orientador) _____
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Prof. MSc. Hailton Mello da Silva _____
Universidade Federal da Bahia - UFBA

Prof. Dr. Cristovaldo Bispo dos Santos _____
Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia – CERB/Universidade da Federal da Bahia - UFBA

AGRADECIMENTOS

Mais um ciclo se encerrando! E para superar todas as dificuldades da graduação, tive pessoas preciosas caminhando comigo. Mas, acima de tudo, agradeço a Deus por me dar saúde e por ter colocado esta ciência maravilhosa, que escolhi estudar e amar, no meu caminho. Agradeço aos meus pais por todo o amor e dedicação para me ensinar os valores do amor, amizade, respeito e ética. À minha irmã, Mariana, pelo amor e amizade que supera distâncias. Aos meus avós, Manoel e Dinah, pelo imenso amor incondicional e pela sabedoria exemplar que só aqueles que vivem intensamente, superando as dificuldades, podem ensinar. A Desirée por seu amor, apoio, contribuição para a realização deste trabalho, além do companheirismo, compreensão e por sempre acreditar no meu sucesso. A meu orientador, Sérgio, pela dedicação e enorme paciência na orientação deste TFG. Ao professor Cristovaldo, por ter me recebido de boa vontade na CERB para que eu pudesse obter os dados que tornaram a realização desta monografia possível. Ao professor Hailton, pelas críticas construtivas e sugestões. Aos meus amigos de infância do ISBA, especialmente a Bruce, Rodrigo, Tales, Raul e Ian, meus irmãos desta vida, fundamentais para a minha formação pessoal. A todos os meus amigos da faculdade que tornaram os dias de aprendizagem mais prazerosos, em especial a Preto e Richard, não só pela amizade, mas pelo incentivo nos momentos de fraqueza. E a todas as pessoas que deram o exemplo de força e garra, me mostrando que a vida é uma luta diária, e que este é só mais um passo à frente desta longa caminhada.

RESUMO

O objetivo geral deste trabalho consiste em realizar um estudo qualitativo das águas subterrâneas, captadas por meio de poços tubulares no município de Catu. Para avaliar a qualidade destas águas utilizou-se a Portaria número 2.914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde. Os parâmetros utilizados foram: cloreto, fluoreto, ferro, sódio, sólidos totais dissolvidos, sulfato, turbidez, dureza e nitrato. Para estabelecer a classificação das águas subterrâneas da área foi utilizado o diagrama triangular de Piper (1944). Os resultados obtidos mostraram que as águas estudadas classificam-se predominantemente cloretadas sódicas, dispondo de baixos teores de sódio e baixo a médio risco de salinidade, podendo ser utilizada para a irrigação. Com relação a qualidade das águas para o consumo humano, de forma geral, a maioria das águas analisadas estão de acordo com os limites estabelecidos na legislação. Os resultados mostraram que do ponto de vista qualitativo as águas subterrâneas de Catu possuem boas características físico-químicas, podendo ser utilizadas para os mais diversos fins, ressalva apenas para a produção de cerveja, bebidas e suco de frutas, que de maneira geral possuem baixa qualidade.

Palavras-chave: Hidrogeoquímica. Água subterrânea. Catu. Qualidade. Classificação.

ABSTRACT

The general aim of this study is to conduct a qualitative study of groundwater, captured through tubular wells in the Catu municipality. To evaluate the quality of these waters, it was used the Ordinance number 2914 of December 2011 of the Ministry of Health. The parameters used were Chloride, fluoride, iron, sodium, total dissolved solids, sulfate, turbidity, hardness and nitrate. To determine the classification of groundwater in the area, it was used the triangular diagram of Piper (1944). The results showed that the waters studied are classified as predominantly chlorinated sodic, having low sodium content and low to medium risk of salinity and can be used for irrigation. Regarding the quality of water for human consumption, in general, most of the water samples are in accordance with the limits set out in the legislation. The results showed, from the qualitative point of view, that the groundwater of Catu have good physical and chemical characteristics and can be used for various purposes, exception only for the production of beer, drinks and fruit juice, which generally have low quality.

Keywords: Hydrogeochemistry. Groundwater. Catu municipality. Quality. Classification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Localização e situação da área de estudo. Município de Catu-BA.....	16
Figura 02 – Balanço hídrico normal mensal, Alagoinhas – BA, 1961 a 1990.....	20
Figura 03 – Deficiência, excedente, retirada e reposição para o ano hídrico de Alagoinhas – BA.....	20
Figura 04 – Classes de solo município de Catu.....	21
Figura 05 – Mapa de distribuição da vegetação e uso da terra no município de Catu.....	23
Figura 06 – Mapa de distribuição das unidades geomorfológicas no município de Catu.....	24
Figura 07 – Mapa geológico simplificado do município de Catu.....	25
Figura 08 – Mapa potenciométrico do município de Catu.....	34
Figura 09 – Tipos de aquíferos quanto à porosidade.....	38
Figura 10 – Tipos de aquíferos quanto às características hidráulicas.....	39
Figura 11 – Concentração de Cloreto nas águas subterrâneas de Catu.....	43
Figura 12 – Mapa de distribuição dos valores de cloreto no município de Catu.....	44
Figura 13 – Valores de Condutividade elétrica nas águas subterrâneas de Catu.....	45
Figura 14 – Mapa de distribuição da condutividade elétrica no município de Catu.....	45
Figura 15 – Perfil geológico do poço 06 (Km).....	46
Figura 16 – Perfil geológico do poço 13 (Km/Kis).....	47
Figura 17 – Perfil geológico do poço 19 (Km/Kss).....	48
Figura 18 – Concentração de ferro total nas águas subterrâneas de Catu.....	49
Figura 19 – Mapa de distribuição do ferro total no município de Catu.....	50
Figura 20 – Perfil geológico do poço 05 (Kss).....	51
Figura 21 – Concentração de Nitrato total nas águas subterrâneas de Catu.....	52
Figura 22 – Mapa de distribuição do nitrato no município de Catu.....	53
Figura 23 – Concentração de Sulfato nas águas subterrâneas de Catu.....	54

Figura 24 – Mapa de distribuição do sulfato no município de Catu.....	54
Figura 25 – Concentração do Bicarbonato nas águas subterrâneas de Catu.....	55
Figura 26 – Mapa de distribuição do Bicarbonato no município de Catu.....	56
Figura 27 – Concentração do Fluoreto nas águas subterrâneas de Catu.....	57
Figura 28 – Mapa de distribuição do Fluoreto no município de Catu.....	57
Figura 29 – Diagrama triangular de Piper (1944) com a caracterização hidroquímica das águas subterrâneas.....	60
Figura 30 – Classificação da salinidade das águas subterrâneas no município de Catu.....	62
Figura 31 – Fórmula para cálculo da razão de absorção de sódio (SAR), segundo o USSL.....	64
Figura 32 – Classificação das águas subterrâneas de Catu para agricultura (USSL).....	65
Figura 33 – Critério de qualidade da água para indústria.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Principais características dos aquíferos porosos, fissurais e cársticos.....	37
Quadro 02 – Etapas da pesquisa e suas respectivas atividades.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Dados populacionais do município de Catu, no Estado da Bahia - 2010.....	17
Tabela 02 – Valor adicionado no município de Catu, no Estado da Bahia - 2012.....	18
Tabela 03 – Ocupação da população no mercado formal de trabalho, por setor de atividade econômica, no município de Catu, no estado da Bahia - 2010.....	18
Tabela 04 – Dados Climatológicas de Alagoinhas - Bahia.....	19
Tabela 05 – Sumário estatístico dos poços estudados.....	33
Tabela 06 – Dados estatísticos da matriz de correlação linear de Pearson.....	58
Tabela 07 – Relações iônicas características (em meq L ⁻¹).....	61
Tabela 08 – Resultados analíticos das águas subterrâneas no município de Catu.....	63
Tabela 09 – Classificação, segundo o U. S. Salinity Laboratory.....	64
Tabela 10 – Avaliação da qualidade das águas subterrâneas de Catu para a produção industrial.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BA – BAHIA

CERB – Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRM – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano municipal

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos

PIB – Produto Interno Bruto

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia

SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas

STD – Sólidos Totais Dissolvidos

USSL – United State Salinity Laboratory

UTM – Universal Transversa de Mercator

VMP – Valor Máximo Permissível

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	16
2.1 Localização e acesso.....	16
2.2 Aspectos socioeconômicos.....	17
2.3 Clima e aspectos fisiográficos.....	19
2.3.1 Clima.....	19
2.3.2 Solos.....	21
2.3.3 Vegetação e uso da terra.....	22
2.3.4 Geomorfologia.....	23
2.3.5 Hidrografia.....	24
2.3.6 Geologia local.....	25
2.3.6.1 Grupo Ilhas.....	26
2.3.6.2 Formação São Sebastião.....	26
2.3.6.3 Formação Marizal.....	28
2.3.6.4 Grupo Barreiras.....	28
2.3.6.5 Depósitos aluvionares e de terraços.....	29
2.3.7 Hidrogeologia local.....	29
2.3.7.1 Sistema Aquífero Barreiras.....	29
2.3.7.2 Sistema Aquífero Marizal.....	30
2.3.7.3 Sistema Aquífero São Sebastião.....	30
2.3.7.4 Sistema Aquífero Grupo Ilhas.....	31
2.3.8 Aspectos hidrogeológicos.....	32
2.3.9.2 Potenciometria.....	33
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	35
3.1 Água subterrânea.....	35
3.2 Aquífero.....	37
3.3 Qualidade da água.....	39
4 METODOLOGIA.....	40
4.1 Etapa 1: levantamento e análise crítica de referências bibliográficas.....	40

4.2 Etapa 2: coleta, análise e tratamento de dados secundários.....	41
4.3 Etapa 3: classificação hidroquímica/avaliação da qualidade da água.....	41
4.4 Etapa 4: análises e interpretações.....	42
5 CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO HIDROQUÍMICA.....	43
5.1 Parâmetros físico-químicos.....	43
5.1.1 Cloreto.....	43
5.1.2 Condutividade Elétrica (CE).....	44
5.1.3 Ferro Total.....	49
5.1.4 Nitrato.....	52
5.1.5 Sulfato.....	53
5.1.6 Bicarbonato.....	55
5.1.7 Fluoreto.....	56
5.2 Associação dos parâmetros físico-químicos na água subterrânea.....	58
5.3 Classificação hidroquímica.....	59
5.3.1 Classificação das águas subterrâneas, relações iônicas características e categorização da salinidade.....	59
5.3.2 Qualidade das águas subterrâneas para consumo humano.....	62
5.3.3 Qualidade das águas subterrâneas para irrigação.....	64
5.3.4 Qualidade das águas subterrâneas para fabricação de cerveja, bebida e suco de frutas.....	65
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68

REFERÊNCIAS

1 INTRODUÇÃO

A utilização das águas subterrâneas tem crescido de forma significativa nos últimos tempos. A exploração crescente deste recurso é explicada por diversos fatores, dentre os quais, geralmente, apresentam qualidade superior às águas superficiais. Várias cidades brasileiras abastecem-se de água subterrânea de forma exclusiva ou complementar. As águas subterrâneas distribuem-se nos diferentes aquíferos, que são reservatórios responsáveis pelo armazenamento da maior parte da água doce, - no estado líquido, da Terra.

A exploração da água subterrânea está condicionada a fatores quantitativos (intimamente ligada à condutividade hidráulica e ao coeficiente de armazenamento dos terrenos), qualitativos (influenciada pela composição das rochas e condições climáticas e de renovação das águas) e econômicos (depende da profundidade do aquífero e das condições de bombeamento) (LEAL, 1999). De acordo com Santos (2000, p. 81), “a disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos para determinados tipos de uso depende fundamentalmente da qualidade físico-química, biológica e radiológica”. Neste contexto, as análises de qualidade das águas são de suma importância, uma vez que concentrações anômalas de determinados componentes podem oferecer riscos à saúde humana, inviabilizando a sua utilização.

A área escolhida para o desenvolvimento desta pesquisa corresponde ao perímetro do município de Catu localizado no Estado da Bahia. Este, assim como muitos outros municípios brasileiros, utiliza as águas subterrâneas, captadas por meio de poços, para abastecer escolas, propriedades rurais, hospitais, dentre outros estabelecimentos. As águas subterrâneas distribuem-se nos diferentes sistemas aquíferos presentes no município, distintos por suas características hidrogeológicas como, por exemplo, composição litológica e forma de circulação da água, as quais se refletem na sua produtividade.

O **objetivo geral** deste trabalho consiste em realizar um estudo qualitativo das águas subterrâneas, captadas por meio de poços nesse município. Quanto aos **objetivos específicos**, podem-se citar os seguintes:

- Classificar as águas subterrâneas da região com base nos parâmetros químicos (cálcio, magnésio, sódio, potássio, sulfato, bicarbonato, e cloreto) das amostras;
- Avaliar a qualidade (potabilidade) das águas subterrâneas, comparando os valores dos dados físico-químicos das mesmas, com os valores máximos permissíveis (VMP) de cada componente, definidos pela portaria nº 2.914/11 do Ministério da Saúde (Brasil, 2011);
- Estabelecer as relações iônicas características – fácies hidroquímicas;

- Classificar as águas subterrâneas, levando em consideração os índices de salinidade definidos pela Resolução Nº 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005);
- Avaliar a qualidade da água para irrigação, para a fabricação de cerveja, bebidas e suco de frutas;
- Analisar as relações existentes entre os diversos parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas, por meio da matriz de correlação linear de Pearson;
- Estabelecer um sumário estatístico com os valores analíticos das águas subterrâneas.

Visando atingir os objetivos foi adotado um **procedimento metodológico**, dividido em 4 etapas: i) levantamento e análise crítica de referências bibliográficas; ii) coleta, análise e tratamento de dados secundários; iii) classificação hidroquímica/avaliação da qualidade da água; iv) análises e interpretações. As etapas metodológicas estão detalhadas no quarto capítulo.

Por último, segue a **apresentação** desta monografia que se encontra dividida em cinco capítulos. O primeiro trata da introdução ora apresentada. No segundo capítulo é feita uma caracterização da área de estudo, nos seus aspectos ambientais, histórico, e econômico. O terceiro capítulo apresenta uma breve discussão conceitual dos termos utilizados nesta pesquisa, a saber: águas subterrâneas, aquíferos e qualidade da água. O quarto capítulo refere-se à metodologia adotada, com a descrição das atividades e técnicas utilizadas em cada etapa realizada. Os resultados da pesquisa são apresentados, analisados e discutidos no capítulo cinco, atendendo aos objetivos expostos neste capítulo introdutório. Por último, apresentam-se as considerações finais da pesquisa.

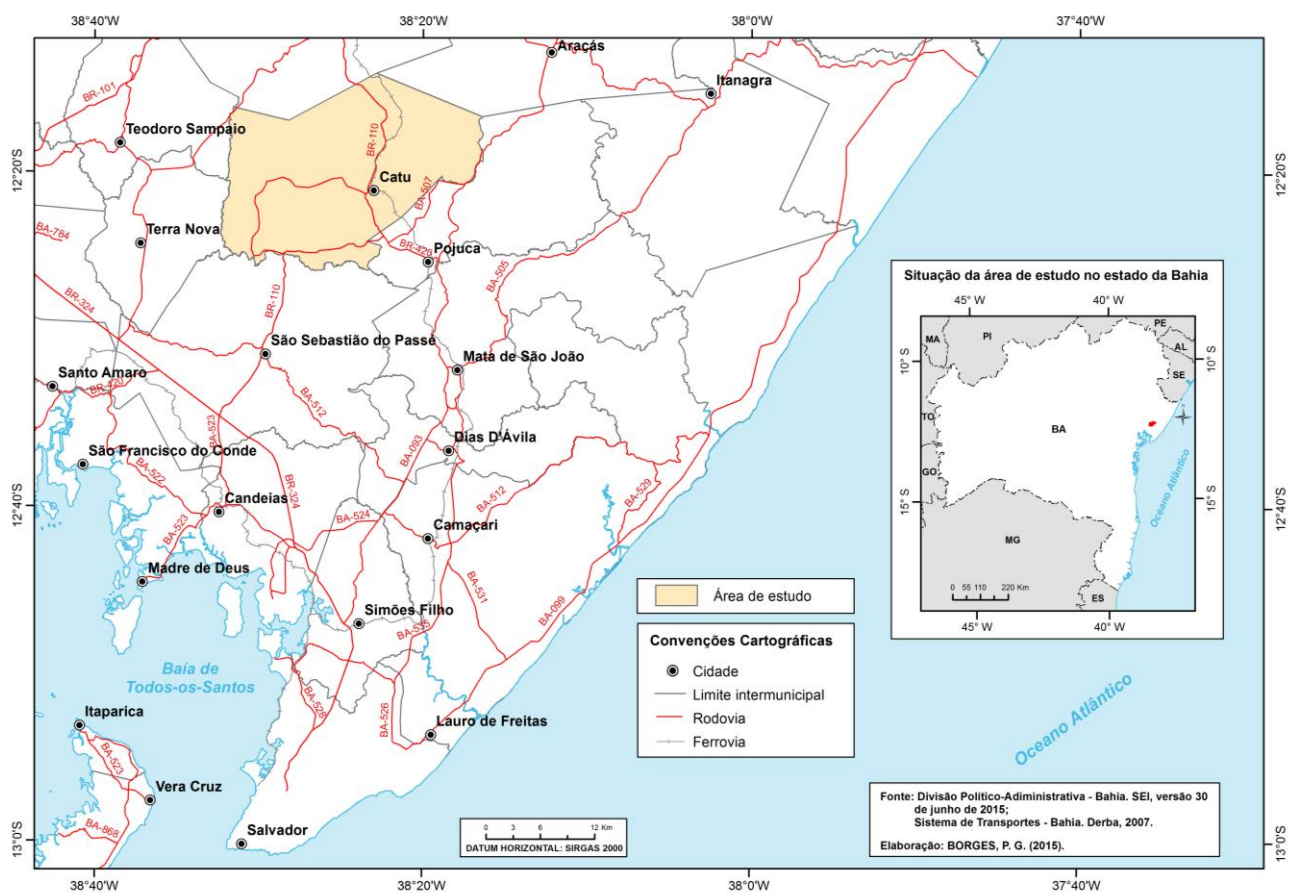
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de estudo situa-se na porção Leste do Estado da Bahia, e abrange os limites territoriais do município de Catu. O município possui uma área de 416.216 km² e uma população total de 51.077 habitantes (IBGE, 2010). Catu localiza-se entre as coordenadas geográficas 12°10'0" e 12°30'0" de latitude sul e 38°15'0" e 38°35'0" de longitude oeste, e limita-se com os municípios de Araçás e Pojuca a leste, São Sebastião do Passé ao sul, Teodoro Sampaio e Terra Nova a oeste, e Alagoinhas ao norte (Figura 01).

O principal acesso a cidade de Catu, que dista 82 Km ao norte da capital baiana, é efetuado pelas rodovias federais: BR-324 e BR-110 (no Km 354).

Figura 01 - Localização e situação da área de estudo. Município de Catu – BA



2.2 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

O município foi criado pela Lei provincial n° 1.058 de 26 de junho de 1868 com a denominação de Santana do Catu com território desmembrado da então denominada Vila de São Francisco, ocorrendo sua instalação em 6 de março de 1877. Em 23 de junho de 1931, o nome Santana de Catu foi simplificado pelo Decreto estadual número 7.455, e ratificado pelo de número 7.479, em 8 de julho do mesmo ano. Em 30 de março de 1938 foi elevado à categoria de Cidade. Desde o Decreto estadual n.º 11.089 de 30 de novembro de 1938 que o município é formado por três distritos: Catu (sede), Bela Flor e Sítio Novo (INSTITUTO DE URBANISMO E ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 1974).

Catu possui uma população de 51.077 habitantes, destes 42.755 residem na zona urbana e 8.322 na zona rural (Tabela 01). A população catuense é composta por 26.261 mulheres e 24.816 homens.

Tabela 01 - Dados populacionais do município de Catu, no Estado da Bahia - 2010

Município	População					Área (km ²)	Densidade Demográfica (hab./km ²)
	Urbana	Rural	Homens	Mulheres	Total		
Catu	42.755	8.322	24.816	26.261	51.077	416.216	122,72

Fonte: IBGE, 2010.

Nos últimos dez anos, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Catu passou de baixo para médio. Segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, em 2000, o município apresentava IDHM igual a 0.536. Já em 2010, o número chegou a 0.677 (17ª posição no ranking da Bahia) (ATLAS BRASIL, 2013).

O Produto Interno Bruto (PIB) municipal é de 474.888 mil reais (46ª posição no ranking da Bahia) (IBGE, 2012). O PIB per capita é superior à média do Estado da Bahia (7.775,07), alcançando 9.179,43 mil reais (IBGE, 2012). O setor de serviços é responsável por pouco mais da metade do total do valor adicionado municipal (56%). Já a indústria responde por 41% e a agropecuária representa 3% (Tabela 02).

Tabela 02 - Valor adicionado no município de Catu, no Estado da Bahia - 2012

ANO	Valor Adicionado					
	Agropecuária		Indústria		Serviços	
	Absoluto (R\$ mil)	Relativo (%)	Absoluto (R\$ mil)	Relativo (%)	Absoluto (R\$ mil)	Relativo (%)
2012	12.159	3	179.628	41	245.942	56

Fonte: IBGE, 2012.

Em 2010, o setor de atividade econômica extrativa mineral destacou-se como o setor com o maior número de pessoas ocupadas no mercado formal de trabalho (1.837) (Tabela 03). Em segundo lugar está o setor de serviços, responsável por 23,93% dos vínculos empregatícios.

Tabela 03 - Ocupação da população no mercado formal de trabalho, por setor de atividade econômica, no município de Catu, no estado da Bahia - 2010

Setor de atividade	Quantidade de pessoas
Extrativa Mineral	1.837
Indústria de transformação	537
Serviços indústrias de atividade pública	100
Construção Civil	216
Comércio	1.573
Serviços	1.796
Administração Pública	1.388
Agropecuária, extrativa vegetal, caça, pesca	57

Fonte: SEI, 2012.

De acordo com os dados de produção agrícola, referente ao ano de 2013, publicados pelo IBGE, o principal produto cultivado em Catu é a mandioca (quantidade produzida: 6.000 toneladas) (IBGE, 2014). Também são produzidos no município os seguintes produtos: laranja, milho, feijão, coco-da-baía, banana e o amendoim. Na pecuária sobressaem-se os rebanhos bovinos (20.817 cabeças), e também a criação de galináceos (galinhas, galos, frangas, frangos e pintos) (77.247 cabeças) (IBGE, 2014).

2.3 CLIMA E ASPECTOS FISIOGRAFICOS

2.3.1 Clima

O clima atuante no município, tendo como base os dados da estação meteorológica de Alagoinhas, - a mais próxima de Catu, é do tipo Úmido a Subúmido, com índice hídrico de 20% a 0 %, excedente hídrico entre 50 mm a 300 mm e com chuvas concentradas no período de outono-inverno (SEI, 1998). A temperatura média anual é de 23,9 °C (SEI, 2012).

A precipitação anual (P) no período foi de 1233 mm/ano, com excedente hídrico (EXC) de 152 mm/ano, verificado entre maio e agosto. A evapotranspiração potencial (ETP) foi da ordem de 1246 mm/ano (Tabela 04 e Figura 02). A deficiência de água no solo é maior no mês de janeiro (Figura 03).

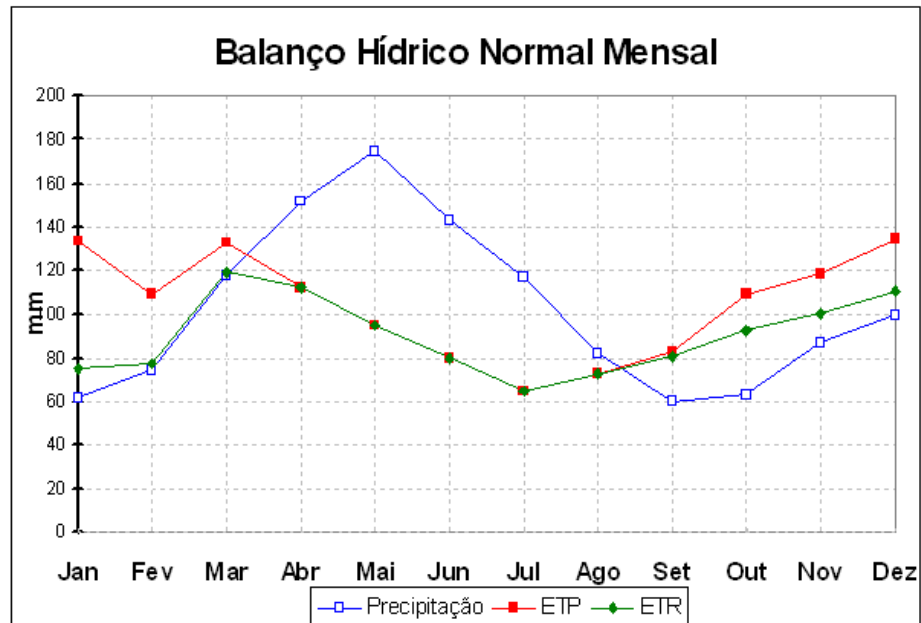
Tabela 04 - Dados Climatológicas de Alagoinhas - Bahia

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan.	25,6	62	134	13	75	59	0
Fev.	24,6	74	109	9	78	31	0
Mar.	25,7	118	133	8	119	14	0
Abr.	24,9	152	112	47	112	0	0
Mai	23,6	175	95	100	95	0	27
Jun.	22,7	143	80	100	80	0	63
Jul.	21,0	117	65	100	65	0	52
Ago.	21,7	82	73	100	73	0	9
Set.	22,6	60	83	80	80	2	0
Out.	24,2	63	109	50	93	17	0
Nov.	24,8	87	118	37	100	18	0
Dez.	25,4	100	135	26	111	24	0
Totais	286,8	1233	1246	669	1081	165	152
Médias	23,9	103	104	56	90	14	13

Nota: Médias Climatológicas de 1961 a 1990. T = Temperatura; P = Precipitação; ETP = Evapotranspiração Potencial; ETR = Evapotranspiração Real; DEF = Déficit; EXC = Excedente Hídrico.

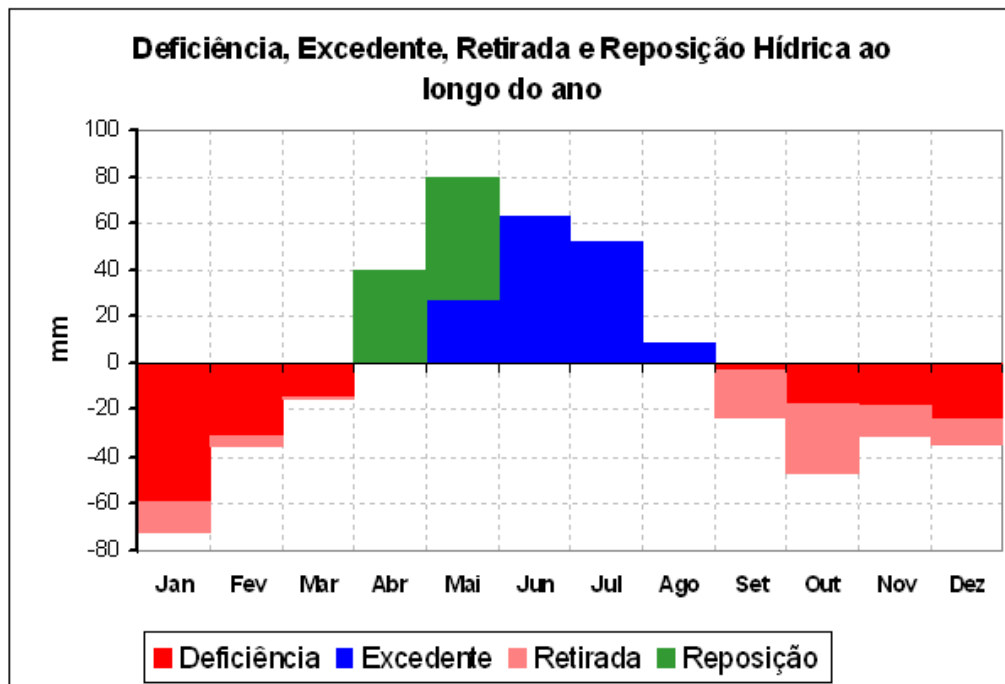
Fonte: EMBRAPA, 2015.

Figura 02 - Balanço hídrico normal mensal, Alagoinhas – BA, 1961 a 1990



Fonte: EMBRAPA, 2015.

Figura 03 - Deficiência, excedente, retirada e reposição para o ano hídrico de Alagoinhas - BA

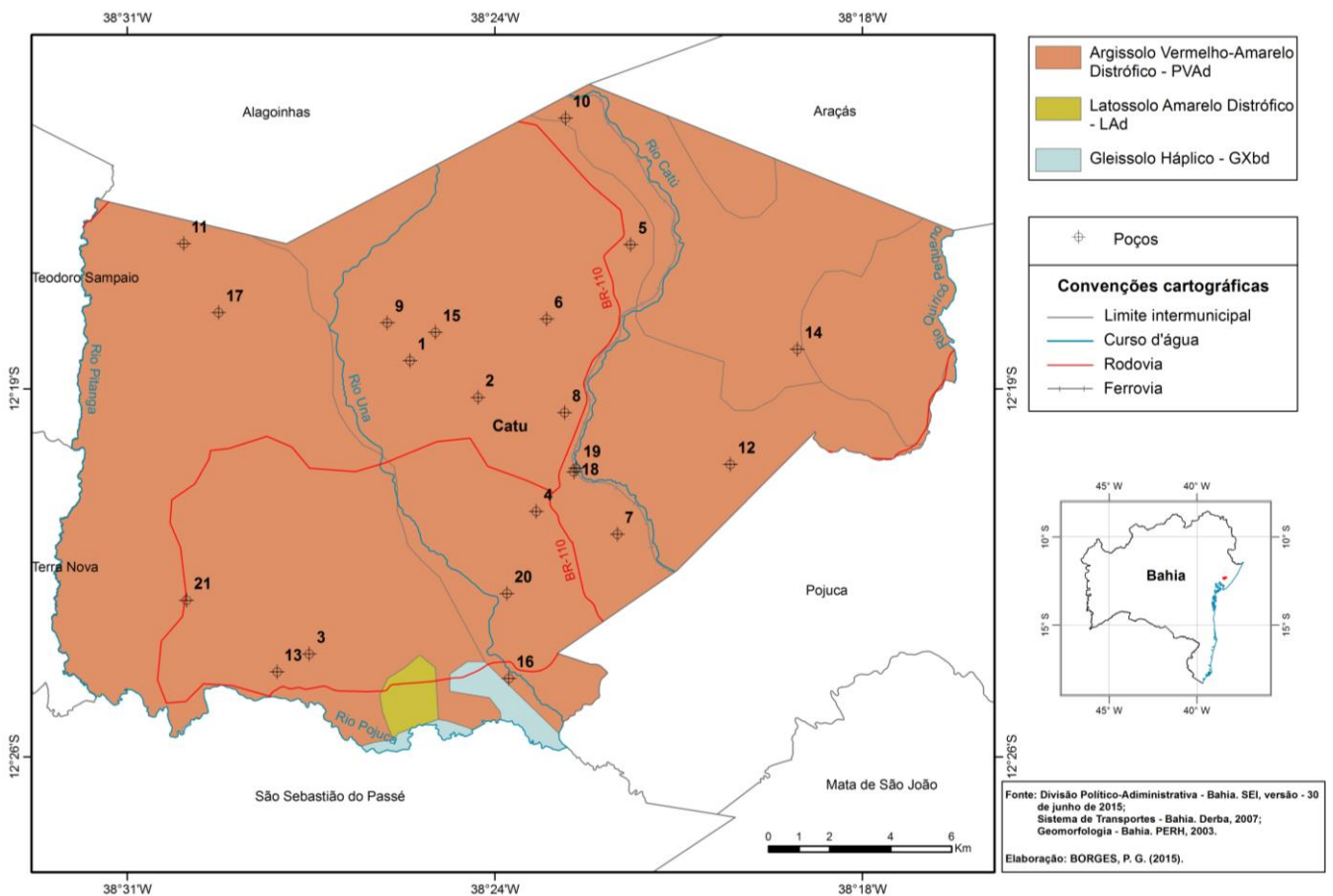


Fonte: EMBRAPA, 2015.

2.3.2 Solos

De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia (PERH-BA), os solos de Catu são classificados como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Latossolo Amarelo Distrófico e Gleissolo Háptico (Figura 04). As principais características destes são descritos a seguir.

Figura 04 - Classes de solo município de Catu



- Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd): Constitui-se a classe de solo mais extensa no município de Catu, ocorrem em áreas de relevos mais acidentados e dissecados. São solos bem evoluídos, argilosos, apresentando mobilização de argila da parte mais superficial. A baixa fertilidade é a principal restrição deste tipo de solo, necessitando de adubação e por vezes correção através da calagem;

- Latossolo Amarelo Distrófico (Lad): São associados aos relevos, plano, suave ondulado ou ondulado. São solos em geral profundos, bastante evoluídos, muito intemperizados, ricos em argilominerais 1:1 e oxí-hidróxidos de ferro e alumínio, com perfil homogêneo e horizontes pouco diferenciados. São, em geral, ácidos. Por ser distrófico apresenta saturação por bases inferior a 50%. São muitos utilizados para a agropecuária. Um fator limitante é a baixa fertilidade desses solos. Este tipo de solo possui pouca expressão na área estudada, restringindo-se a uma pequena ocorrência na porção sul do município;
- Gleissolo Háptico (GXbd): São solos minerais, hidromórficos, com horizonte glei iniciando dentro dos primeiros 150 cm da superfície, imediatamente abaixo de um horizonte A (mineral) ou H (orgânico) pouco espesso. Localizam-se em baixadas, próximos a drenagem. Raramente apresentam fertilidade alta. Necessitam de drenagem e calagem para o seu uso. Este tipo de solo restringe-se a uma pequena ocorrência ao sul do município, próximo ao rio Pojuca.

2.3.3 Vegetação e uso da terra

A distribuição espacial da cobertura vegetal e do uso da terra no município de Catu permite identificar as seguintes classes (Figura 05): cerrado, floresta secundária, área destinada à agricultura e/ou pecuária, área de reflorestamento e área urbana. Vale ressaltar que a distribuição das formações vegetais está relacionada às características do solo, dos recursos hídricos, das condições climáticas e das categorias do uso da terra desenvolvidas na região.

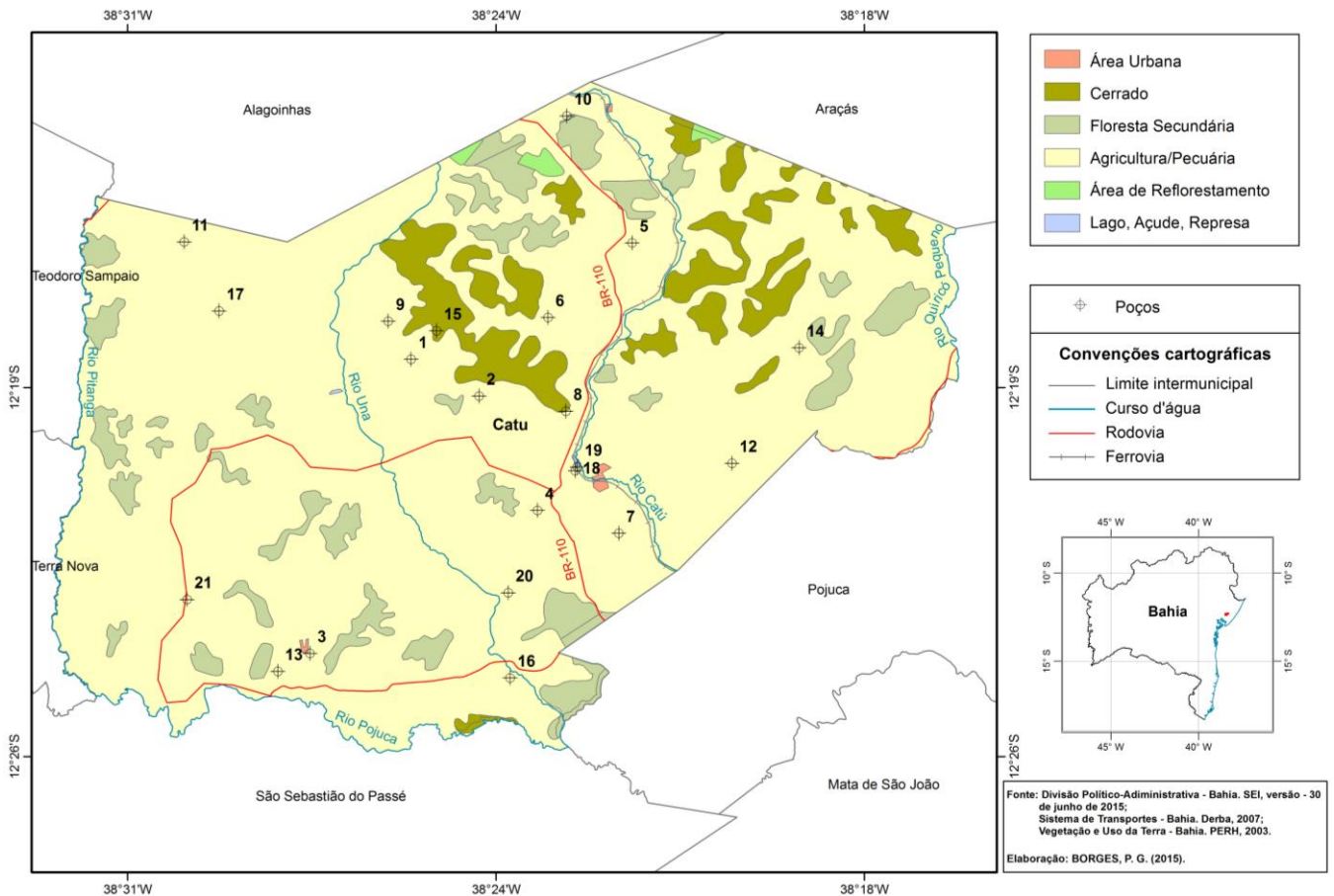
O cerrado é formado por espécies subarbustivas e herbáceas, inclinadas, tortuosas, com ramificações retorcidas. As plantas lenhosas são entremeadas por gramíneas. Essas formações vegetais são encontradas, predominantemente, nas porções norte e nordeste de Catu (Figura 04).

Vegetação secundária ou em regeneração é definida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) como “aquela resultante de processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial da vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, podendo ocorrer árvores remanescentes da vegetação primária” (CONAMA, 1994). As áreas de florestas secundárias podem ser encontradas em pequenas manchas distribuídas por todo o município (Figura 05).

A agricultura, juntamente com a pecuária, pode ser considerada como uma das principais atividades causadoras da devastação da vegetação original da área, visto que grande parte da vegetação nativa foi substituída por pastos e/ou culturas cíclicas.

O reflorestamento consiste na atividade dedicada a recompor a cobertura florestal de uma determinada área. As áreas de reflorestamento podem ser encontradas em pequenas machas situadas ao norte e nordeste de Catu (Figura 05).

Figura 05 - Mapa de distribuição da vegetação e uso da terra no município de Catu

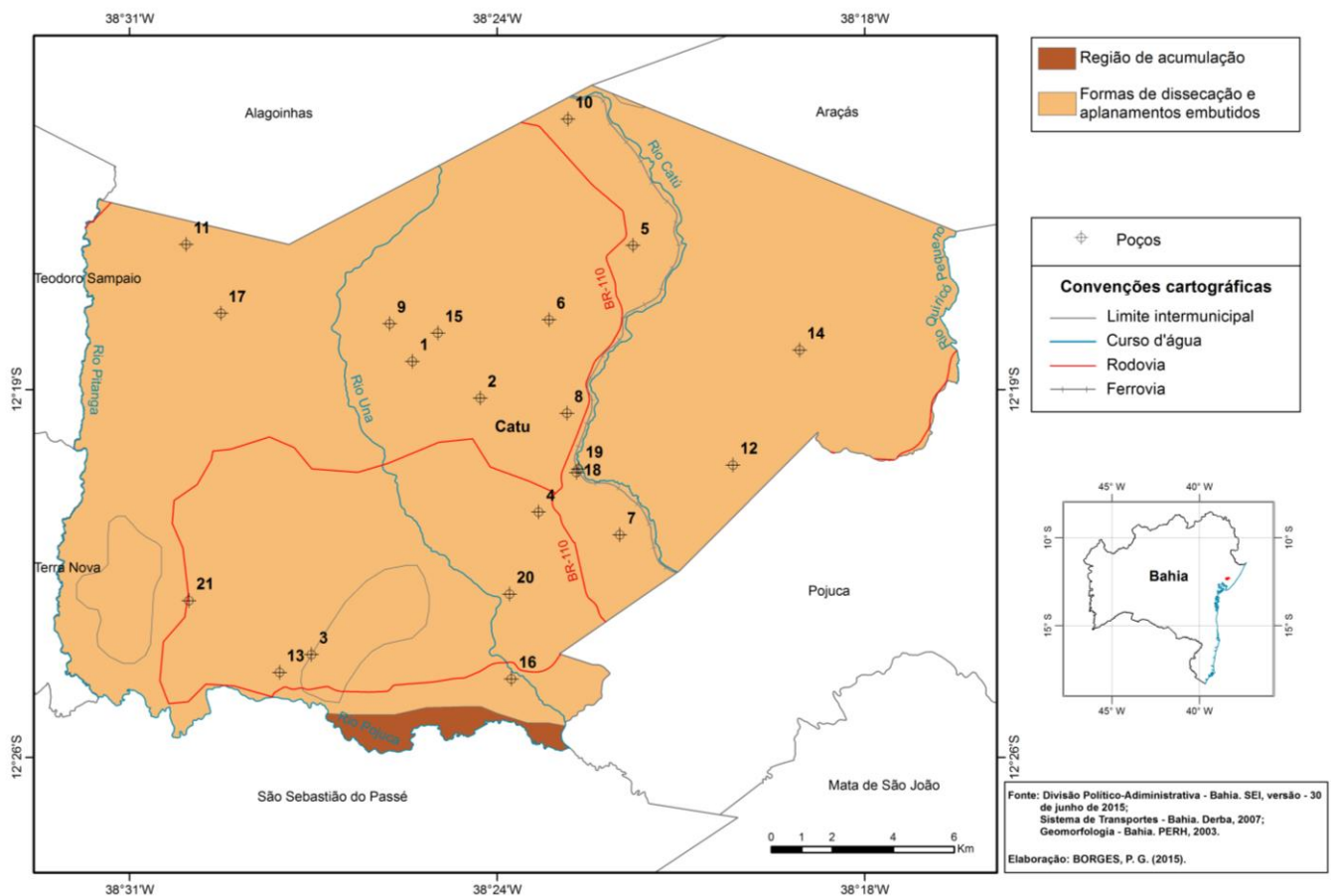


2.3.4 Geomorfologia

O município de Catu é marcado por duas unidades geomorfológicas: i) formas de dissecação e aplanamentos embutidos; e ii) região de acumulação (Figura 06). As principais características destas são descritas a seguir.

- Formas de dissecação e aplanamentos embutidos: relevo de topos aplanados, bordas desniveladas com degraus e planos embutidos às encostas de formas predominante convexas, dissecadas nas rochas sedimentares arenosas e argilosas. Os efeitos da tectônica e da litologia se refletem na compartimentação do relevo. Feições geralmente convexas ou convexo-côncavas, separadas por vales chatos ou agudos, formando uma drenagem dendrítica ou ramificada; desníveis da ordem de 50 - 100 metros.
- Região de acumulação: planície resultante das ações fluviais, contendo aluviões, sujeitas a inundações, às vezes contendo terraços.

Figura 06 - Mapa de distribuição das unidades geomorfológicas no município de Catu



2.3.5 Hidrografia

O município de Catu está inserido na área das bacias hidrográficas do Recôncavo Norte (SEI, 2012).

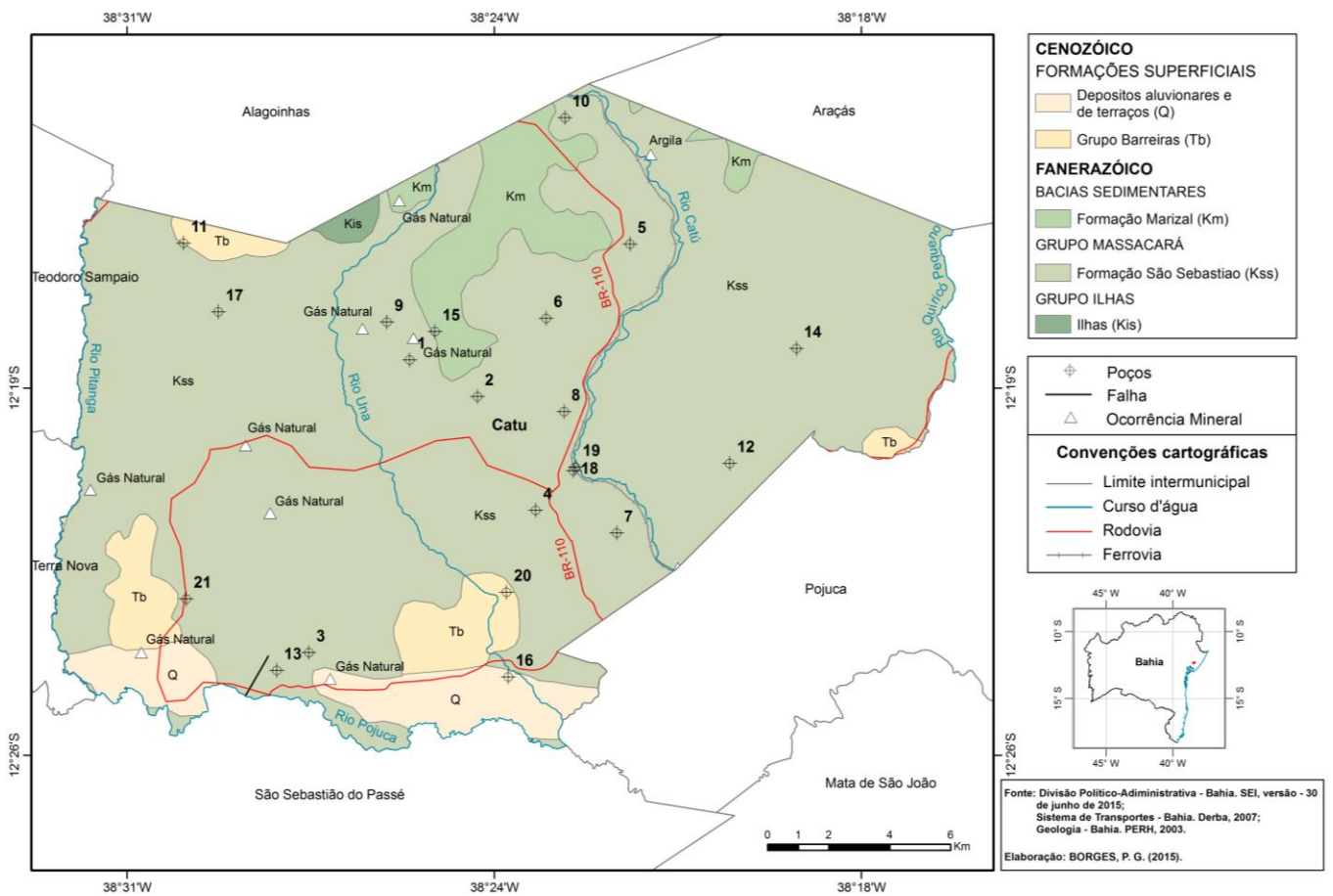
Os rios que correm na área territorial de Catu são: Catu (rio perene), Una (rio perene), Pitanga (rio intermitente), Pojuca (rio perene) e Quiricó Pequeno (rio perene) (Figura 07).

Catu apresenta elevado potencial de recursos hídricos de subsuperfície representado pelos sistemas aquíferos: São Sebastião, Barreiras, Marizal e Grupo Ilhas. Trata-se de reservatórios naturais de suma importância, uma vez que alguns dos principais cursos superficiais d'água, no município de Catu encontram-se contaminados.

2.3.6 Geologia local

A área do município de Catu apresenta uma variedade de rochas sedimentares que engloba desde as Formações que compõe a Bacia Sedimentar do Recôncavo até os sedimentos mais recentes, representados pelo Grupo Barreiras e os depósitos aluvionares e de terraços (Figura 07).

Figura 07 - Mapa geológico simplificado do município de Catu



2.3.6.1 Grupo Ilhas

As unidades litológicas do Grupo Ilhas encontram-se representadas, em pequena expressão, na porção norte da área de estudo (Figura 07). Suas idades abrangem do Valanginiano ao Hauteriviano, conforme determinações bioestratigráficas realizadas em ostracodes não marinhos e palinórfos (CAIXETA *et al.*, 1994). Constituem-se, em sua maior parte, por relevos suaves, sem grande expressão topográfica. O Grupo Ilhas foi subdividido por Caixeta *et al.* (1994), em três Formações: Marfim, Pojuca, e Taquipe.

A Formação Marfim é composta por arenitos de granulometria média a fina, bem selecionados, de coloração cinza-claros, e intercalações de camadas de folhelhos cinza esverdeados (VIANA *et al.*, 1971 *apud* CAIXETA *et al.*, 1994). Seu contato inferior, com a Formação Candeias, é do tipo concordante, marcado por uma mudança brusca de estratos arenitos da formação sotoposta para o primeiro pacote de folhelhos da Formação Marfim (VIANA *et al.*, 1971), enquanto o contato com a Formação São Sebastião, sobreposta, é caracterizada por discordância angular. Segundo Viana *et al.*, (1971, p. 167), “A Formação Marfim interdígita-se com a Formação Salvador, ao longo de toda a borda leste do Recôncavo”. O Membro Catu, que constitui essa formação, apresenta níveis areníticos bem caracterizados, de extensão lateral considerável, o que o coloca como excelente produtor de petróleo (BRASIL, 1981). O seu topo é marcado por contato concordante e gradacional com a Formação Pojuca. Esta última é caracterizada por intercalações de arenitos muito finos a médios, folhelhos cinza-esverdeado, siltitos cinza-claro, e calcários castanhos (VIANA *et al.*, 1971 *apud* CAIXETA *et al.*, 1994). A Formação Pojuca pode ser subdividida em quatro sequências, arranjas da base para o topo da seguinte forma: Araçás, Santiago, Cambuqui, e Brejão. Assim como a Formação Marfim, a Formação Pojuca está em contato com os arenitos e conglomerados da Formação Salvador.

A Formação Taquipe configura-se por folhelhos cinza, e arenitos maciços de granulometria muito fina (NETTO *et al.*, 1984 *apud* CAIXETA *et al.*, 1994). Apresenta-se como forma de *canyon*, sobrepondo-se em discordância erosiva à Formação Pojuca e sotopondo-se de forma concordante à mesma.

2.3.6.2 Formação São Sebastião – Grupo Massacará

A Formação São Sebastião se destaca na área de estudo com afloramentos distribuídos por todo o município de Catu (figura 07). A topografia característica, geralmente, é

constituída por serras de topos arredondados ou morrotes ondulados. Datações através de Ostracodes indicam uma idade cretácea inferior (Jiquiá) para a formação (VIANA *et al.* 1971). A Formação São Sebastião é dividida da base para o topo, em três membros: Paciência, Passagem dos Teixeiras, e Rio Joanes.

O Membro Paciência é constituído predominantemente por arenitos, folhelhos e siltitos. Os arenitos deste membro apresentam grãos de granulometria fina a grossa, são subarredondados, e moderadamente selecionados. São levemente calcíferos, feldspáticos e apresentam nódulos de calcários cinza-amarelados e finas intercalações de argila de cores que variam de cinza clara a vermelha clara (VIANA *et al.*, 1971). Os siltitos e folhelhos são de cores cinza clara a avermelhada, e também há a ocorrência de nódulos de calcário. Os corpos de rochas sedimentares são distribuídos por toda a extensão da formação, disposta por uma seção de siltitos e folhelhos entre duas seções de arenitos. Este membro marca o contato com a Formação Pojuca, sotoposta, de forma transicional, porém bem distinguível por causa das características de suas rochas e feições geomorfológicas.

O Membro Passagem dos Teixeiras é composto por arenitos bem estratificados a maciços, de coloração que varia de rosada a cinza-amarelados, ou cinza esbranquiçados, finos à médios, micáceos e caulíníticos (VIANA *et al.* 1971), além de siltitos e folhelhos vermelhos e um folhelho verde-cobre, contendo barita sob as formas laminada e cristalizada. O contato inferior com o Membro Paciência é do tipo gradacional, onde os pacotes de arenitos apresentam camadas delgadas de argilas sílticas e folhelhos sílticos. Já o contato no topo, com o Membro Rio Joanes, é marcado por uma sequência arenosa com argilas sílticas cinza-esverdeadas intercaladas, sobrepostas por arenitos e argilitos vermelhos e cinza-esverdeados (VIANA *et al.*, 1971).

O Membro Rio Joanes é predominado amplamente por arenitos de coloração amarelada a vermelha, quartzosos, mal selecionados, e texturalmente imaturos (BRASIL, 1981). Apresentam-se espessos e maciços na maior parte, mas podem se manifestar com estratificações cruzadas e intercalações de argila sílticas, folhelhos, siltitos, e arenitos. O contato superior do Membro Rio Joanes pode ser representado por coberturas sedimentares discordantes da Formação Marizal, do Grupo Barreiras, e por sedimentos pleistocênicos e holocênicos.

2.3.6.3 Formação Marizal

As unidades litológicas da Formação Marizal estão localizadas na porção centro-norte e, menos expressivamente, na porção nordeste do município de Catu (figura 07).

A Formação Marizal é composta essencialmente por arenitos (topo) e conglomerados (base), com a presença subordinada de siltitos, folhelhos e, raramente, calcários. Os arenitos apresentam características variadas, de coloração cinza-esbranquiçada a amarelo-avermelhados, com grãos finos a grossos, quartzosos à feldspáticos, micáceos, argilosos e caulíníticos (VIANA *et al.*, 1971). Os conglomerados são formados por fenoclastos de seixos e matacões policompostos, de cores variadas, levemente metamorfizados, distribuídos de maneira irregular, intercalados com arenitos caulíníticos maciços ou com estratificação cruzada (BRASIL, 1981). Sua matriz é predominantemente arenítica, com fenoclastos de granulitos, quartizitos, e quartzo de veio, arredondados e mal selecionados. Os folhelhos ocorrem com características silticas, pouco calcífero, com finas e ocasionais lâminas de gipsita e barita, enquanto os siltitos são predominantemente micáceos e argilosos.

A Formação Marizal apresenta-se em sua maior parte na porção E da bacia devido a um evento erosivo pré-terciário que atingiu a Bacia do Recôncavo, com exceção de uma parte isolada na Baía de Todos os Santos que recobriu 90% da Ilha de Itaparica (BRASIL, 1981). Está sobreposta predominantemente, em discordância angular e erosiva, à Formação São Sebastião, entretanto afloramentos recobrimo o Grupo Ilhas podem ser encontrados nos municípios de Aramarí, Ouriçangas e Itaparica.

2.3.6.4 Grupo Barreiras

O Grupo Barreiras constitui-se por coberturas sedimentares continentais terrígenas e marinhas (ARAI, 2006 *apud* NUNES, 2011), com ocorrências ao longo da costa brasileira, a partir da região nordeste do país até o Estado do Rio de Janeiro (VILAS BOAS *et al.*, 2001). De acordo com Bigarella (1975 *apud* Pereira *et al.*, 2001), o Grupo Barreiras é subdividido em duas formações: Guararapes, na base, e Riacho Morno, no topo. Ao longo de toda a área do município de Catu, o Grupo Barreiras encontra-se distribuído em pequenas porções (Figura 07).

No Estado da Bahia ocorre como tabuleiros descontínuos, remanescentes de uma antiga planície costeira, que repousam em discordância angular sobre as rochas mais antigas (BRASIL, 1981). As características sedimentares encontradas no litoral norte da Bahia

sugerem uma deposição com carga de leito areno-cascalhosa em sistema fluvial entrelaçado, relacionado a leques aluviais submetidos a clima árido a semiáridos (PEREIRA *et al.*, 2001). A sequência do Grupo Barreiras também foi caracterizada por sedimentos detríticos e siliciclásticos de origem fluvial e marinha (ARAI, 2006 *apud* NUNES, 2011), “pouco ou não consolidados, mal selecionados, e com cores variegadas” (VILAS BÔAS, 1996 & VILAS BÔAS; SAMPAIO; PEREIRA, 2001 *apud* NUNES, 2011).

A seção basal do grupo é formada por conglomerados estratificados, com fenoclastos de quartzo leitoso e fragmentos de rochas metamórficas, arenitos e argilas. Sua matriz é caracterizada por grãos de fração arenosa e composição variada, mal selecionada. A seção superior, por sua vez, é constituída por arenitos de composição semelhante à matriz dos conglomerados da base do grupo, com coloração que varia de vermelho a violeta, passando também por branca e amarela, ocorrendo sob formas de estratificações plano-paralelas. A porção de granulometria argilosa ocorre em menor frequência, sobre a forma de finas camadas de siltitos.

2.3.6.5 Depósitos aluvionares e de terraços

Os depósitos aluvionares e de terraços estão presentes no município de Catu em duas porções a S e SW da sede, correspondendo por sedimentos quaternários eluviais e aluviais presentes ao longo dos principais cursos d’água da região (figura 07).

2.3.7 Hidrogeologia local

2.3.7.1 Sistema Aquífero Barreiras

De modo geral, o Sistema Aquífero Barreiras se apresenta com extensões muito reduzidas em decorrência da intensa erosão que assola o relevo regional. As águas subterrâneas armazenam-se nos estratos arenosos, comportando-se geralmente como um sistema aquífero poroso livre, apresentando níveis confinados ocasionalmente em razão da variação granulométrica dos compartimentos sedimentares que formam esse depósito que abrangem das argilas aos conglomerados. Seu comportamento hidrogeológico é resumido por um pacote superior, cuja espessura média varia entre 15 e 25 metros, composto por sedimentos arenosos com alto teor de argila e nível freático com orientação que

predominantemente segue as condições topográficas (ANJOS & BASTOS, 1968 *apud* IBGE, 1999).

O sistema de recarga desse aquífero é composto basicamente por infiltrações verticais provenientes da pluviometria diretamente sobre o compartimento sedimentar do Grupo Barreiras ou indiretamente através de sistemas de dunas e aluviões (IBGE, 1999). As recargas laterais, por meio de lagos e rios, neste aquífero são mais frequentes durante as estações de chuvas.

2.3.7.2 Sistema Aquífero Marizal

O sistema Aquífero Marizal apresenta boas possibilidades para o armazenamento de água uma vez que este reservatório está associado não somente a uma litologia arenosa predominante no topo da formação homônima, mas principalmente conglomerática na sessão basal (NASCIMENTO *et al.*, 2006). Sua espessura média é de 200 metros, ocorrendo em condições livre e confinada (COSTA, 1994 *apud* ANA, 2007).

Na Bacia do Recôncavo, a Formação Marizal se encontra repousada em discordância angular e erosiva com a Formação São Sebastião, o que permite uma transferência vertical da água entre os aquíferos. De acordo com Nascimento *et al.* (2006, p. 3), “quando a sobreposição ocorre sobre os folhelhos da Formação São Sebastião, ocorrem fontes e surgências naturais, que funcionam como exutórios do aquífero”.

A alimentação do Sistema Aquífero Marizal ocorre principalmente por infiltração vertical oriunda das chuvas. Acontece também através das redes hidrográficas durante as estações com maior precipitação anual, e por infiltrações provenientes do aquífero Barreiras, nas regiões onde este se encontra sobreposto (IBGE, 1999).

2.3.7.3 Sistema Aquífero São Sebastião

O Sistema Aquífero São Sebastião é considerado o melhor aquífero do recôncavo baiano, e destaca-se entre os melhores do estado da Bahia, devido às características litológicas predominantemente arenosas da formação homônima, além de apresentar elevadas espessuras, que variam de 100 a 3.000 metros, com água doce de excelente qualidade até 900 m, e vazões em média de 200 m³/h (CUNHA, 1986). Como já dito anteriormente, a Formação São Sebastião apresenta-se sobreposta de forma concordante com o Grupo Ilhas, e em

discordância angular com a Formação Marizal e o Grupo Barreiras, além de apresentar contato lateral com a Formação Salvador (IBGE, 1999).

O aquífero São Sebastião apresenta diversos comportamentos hidrogeológicos, caracterizados por um sistema aquífero livre, de configuração bastante complexa (IBGE, 1999), e por outros de comportamento semi-confinado constituído por camadas intercaladas de arenitos, folhelhos e siltitos (NASCIMENTO *et al.*, 2006). Sua alimentação ocorre predominantemente através das precipitações diretas nas camadas aflorantes da formação, mas também se dá de forma secundária por meio de aluviões, quando os cursos d'água estão nos níveis mais elevados nas estações de chuvas anuais, e por infiltrações verticais quando se encontra em contato com os sistemas aquíferos Marizal e Barreiras.

Regionalmente o fluxo da água pelo aquífero desloca-se, preferencialmente, seguindo duas direções principais: uma para o sul, com destino para o mar da Baía de Todos os Santos, e a segunda em direção à borda leste da Bacia do Recôncavo (IBGE, 1999). Em escala local, o fluxo está diretamente influenciado pela topografia, seguindo os principais níveis de base, ou seja, os rios e riachos da região.

2.3.7.4 Sistema Aquífero Grupo Ilhas

O Grupo Ilhas está entre os principais aquíferos do estado da Bahia, apresentando boas possibilidades geodricas nos horizontes arenosos da Formação Pojuca, e do Membro Catu (IBGE, 1999). Segundo Cunha (1986), este sistema aquífero apresenta espessura que varia de 600 a 1.500 metros, com as bacias do Tucano e do Recôncavo integradas. Entretanto, na bacia do Recôncavo, o aquífero está restrito nas porções norte e central e sofre intensas variações faciológicas, o que limita as ocorrências de estratos arenosos que diminuem em direção à Baía de Todos-os-Santos, enquanto que as concentrações de folhelhos e siltitos aumentam para a mesma direção. Devida a estas restrições geográficas e estruturais, é comum que o armazenamento de água sofra intensa variação de local para local (IBGE, 1999).

O padrão de recarga do Sistema Aquífero Grupo Ilhas, apesar de pouco estudado, possivelmente é mais proveitoso através dos regimes pluviométricos e por infiltração vertical profunda por meio do Sistema Aquífero São Sebastião (IBGE, 1999).

2.3.8 Aspectos hidrogeológicos

A partir dos dados obtidos de 27 poços tubulares pesquisados no banco de dados do Siagas/CPRM e Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia (CERB), foi possível construir um sumário estatístico por meio do *software Excel* 2010. Através deste foi possível observar que os valores de assimetria para todos os parâmetros, com exceção do pH, estão acima do valor máximo permissivo ($S_3 \leq 0,6$). Verifica-se também que os valores do desvio padrão e da variância são muito altos, o que acarreta um erro padrão da média aritmética para valores muito altos, fazendo com que as médias flutuem em intervalos amplos. Por estes motivos foi mais prudente assumir os valores das medianas dos parâmetros observados.

Os poços tubulares estudados no município de Catu apresentam uma profundidade mediana de 91,5 metros, com máxima de 222,2 metros, e mínima de 25 metros (Tabela 04). O nível estático (NE) apresenta uma mediana de 8,9 metros, onde o NE mais profundo atingiu $35,5 \pm 4,0$ metros, enquanto o valor mínimo para este parâmetro foi zero, ou seja, um poço surgente, numa contagem total de 25 poços. Já para o nível dinâmico (ND), foi observada uma profundidade mínima de $17,0 \pm 8,1$ metros e máxima de $87,4 \pm 8,1$ metros, com mediana de 37,0 metros, para uma contagem de 25 poços. A Vazão do teste de bombeamento (Vazão TB) apresentou o valor de mediana de $15,5 \text{ m}^3/\text{h}$, com valores de $4,4 \pm 7,4 \text{ m}^3/\text{h}$ para a vazão mínima e $66 \pm 7,4 \text{ m}^3/\text{h}$ de vazão máxima, para uma população de 25 poços (Tabela 05).

Quanto às propriedades físico-químicas gerais, os poços do município de Catu apresentaram resultados de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) de 152,0 mg/l de mediana, com máximo de 2.580 mg/l, mínimo de 52 mg/l, e somatório de 27 poços. A dureza tem mediana de 36,0 mg/l de CaCO_3 , com valores máximos e mínimos de 555,0 mg/l e 9 mg/l de CaCO_3 , respectivamente, e contagem de 27 poços. A mediana da condutividade elétrica é de 171,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com máxima de 625 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e mínima 0,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para uma população de 21 poços. O pH médio de 26 poços é de 6,9, com máximo de 9,2, e mínimo de 5,2 e, finalmente, a turbidez apresenta mediana de 2,9 NTU, com 0,1 NTU de valor mínimo e 100 NTU de valor máximo (Tabela 05).

Tabela 05 - Sumário estatístico dos poços estudados

<i>Coluna1</i>	PROF (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão TB (m ³ /h)	STD (mg/l)	Dureza (mg/l CaCO ₃)	CE (μS/cm)	PH -	Turbidez (NTU)
Média aritmética	104,2	11,0	40,7	22,0	305,1	76,9	232,9	6,9	9,3
Erro padrão	10,0	2,0	3,9	3,6	104,2	21,8	34,4	0,2	4,3
Mediana	91,5	8,9	37,0	15,5	152,0	36,0	171,1	6,7	2,9
Desvio padrão	52,1	9,8	19,7	17,8	541,3	113,5	157,4	1,1	21,4
Variância da amostra	2715,8	95,9	389,1	317,8	293029,1	12884,0	24781,9	1,2	459,0
Assimetria	0,8	0,8	1,0	1,3	3,6	3,3	1,1	0,6	3,8
Valor mínimo	25,0	0,0	17,0	4,4	52,0	9,0	0,5	5,2	0,1
Valor máximo	222,2	35,5	87,4	66,0	2580,0	555,0	625,0	9,2	100,0
Número de poços (n)	27,0	25,0	25,0	25,0	27,0	27,0	21,0	26,0	25,0
Nível de confiança (95,0%)	20,6	4,0	8,1	7,4	214,1	44,9	71,7	0,4	8,8

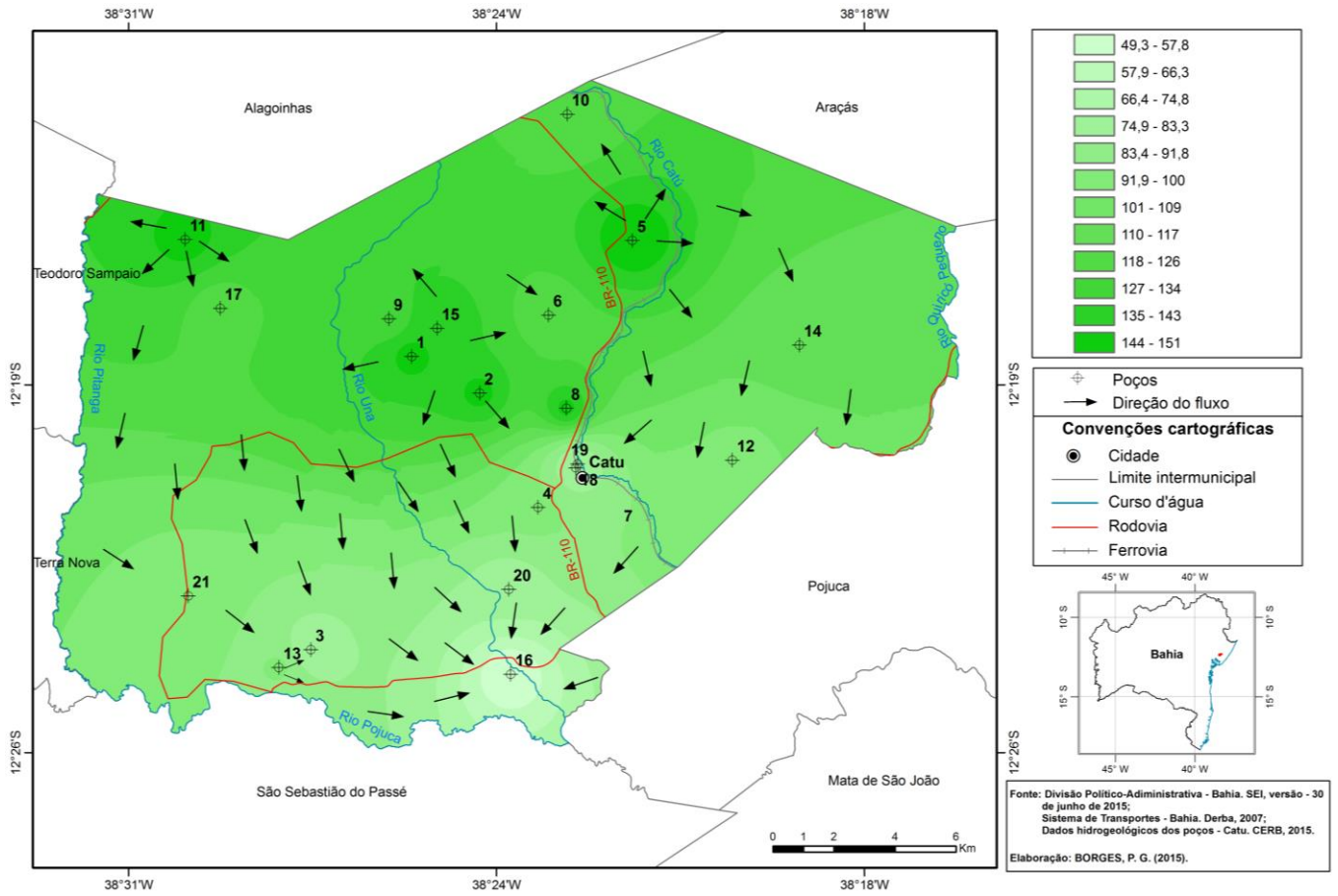
Elaboração: BORGES, 2015.

2.3.8.1 Potenciometria

O mapa potenciométrico constitui-se numa ferramenta fundamental, nos estudos referentes as águas subterrâneas. Por meio deste é possível identificar a direção e o sentido do fluxo das águas no interior dos aquíferos e suas respectivas zonas de recarga e descarga.

O padrão do fluxo das águas subterrâneas do município de Catu, apresentado no mapa (Figura 08), segue uma orientação preferencial N – S. Áreas de convergências presentes nas regiões sul e centro-leste indicam possíveis zonas de descarga representada pelos principais cursos superficiais d'água (Catu, Una e Pojuca) que cortam o município, e se comportam como exutórios básicos da área (Figura 08).

Figura 08 - Mapa potenciométrico do município de Catu



3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ÁGUA SUBTERRÂNEA

A água é um dos recursos naturais essenciais à vida na Terra. Os humanos não podem sobreviver mais do que poucos dias sem a mesma. Este recurso é indispensável ao homem, como bebida e como alimento, para sua saúde e bem estar. A água é utilizada na geração de energia, na indústria, nas atividades agrícolas, etc. Além disso, a água constitui-se num elemento representativo de valores sociais e culturais (PHILIPPI; PELICIONI, 2005). Como aludido na Carta Europeia da Água proclamada pelo Conselho da Europa em Estrasburgo em 6 de maio de 1968,

Não há vida sem água. A água é um bem precioso, indispensável a todas as atividades humanas. A água cai da atmosfera sobre a terra, aonde chega principalmente sob a forma de chuva ou neve. Os córregos, rios, lagos, galerias, constituem a grande estrada através das quais a água atinge os oceanos. Durante sua viagem ela é contida pelo solo, pela vegetação, pelos animais. A água retorna a atmosfera, principalmente por evaporação e transpiração vegetal. Ela é para os homens e para os animais e para as plantas um elemento de primeira necessidade. Realmente a água constitui os dois terços do peso do homem e até os nove décimos do peso dos vegetais (CONSELHO DA EUROPA, 1968).

A quantidade total de água disponível na Terra é imensa, um volume de aproximadamente 1,46 bilhão de quilômetros cúbicos (PRESS et al., 2006). No entanto, cerca de 97,5% de toda água no planeta é salgada. Menos de 2,5% são doces. Mais da metade das águas doces encontram-se nas calotas polares (68,9%) e o restante estão distribuídas entre os aquíferos (29,9%), rios e lagos (0,3%) e outros reservatórios (0,9%). Assim, apenas 1% da água doce, pode ser aproveitado pelo homem, o que representa 0,007 % de toda água no planeta (HIRATA, 2000).

O Brasil é um país que possui recursos hídricos em abundância, dispõe de 53% de toda água doce do continente sul-americano e 12% do total mundial (REBOUÇAS, 2006). Todavia, esta água é irregularmente distribuída no país. Mesmo com esse potencial hídrico, algumas cidades brasileiras passam com problemas de abastecimento que estão relacionados ao crescimento da demanda, às extrações desmedidas dos corpos de água e a urbanização descontrolada, - que atinge regiões de mananciais (REBOUÇAS, 2006).

Pelo fato das águas superficiais serem visíveis, é comum imaginar que os rios e lagos devem ser as maiores fontes de atendimento das necessidades do homem. Na verdade, como

citado anteriormente, a maior parte da água doce, em estado líquido disponível na Terra encontra-se no subsolo (FILHO, 2000). Segundo Hirata (2000, p. 427) “As águas subterrâneas desempenham um papel fundamental no abastecimento público e privado em todo mundo”. Ainda de acordo com o mesmo, “estima-se que mais de 1,5 bilhão de pessoas em núcleos urbanos e uma grande parcela da população rural tenham suas necessidades supridas pelo manancial subterrâneo”.

Água subterrânea é toda a água que ocorre abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e que sendo submetida a duas forças (de adesão e de gravidade) desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos. As águas subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que constituem uma parcela da água precipitada (BORGHETTI *et al.*, 2004 *apud* ABAS, 2015).

Diversos municípios brasileiros abastecem-se da água subterrânea de forma exclusiva ou complementar. A água subterrânea é utilizada em hospitais, indústrias, hotéis, propriedades rurais, escolas, dentre outros estabelecimentos. Conforme Guerra e Guerra (1997),

Sua utilização cresce ano após ano, apresentando vantagens em relação à água superficial, como: não ocupa espaço em superfície; sofre menor influência nas variações climáticas; é passível de extração perto do local de uso; tem temperatura constante; tem maior quantidade de reservas; tem melhor qualidade (física, química, biológica), tem proteção contra agentes poluidores; os poços são construídos à medida que é necessário mais água; e outras (GUERRA; GUERRA, 1997, p. 28).

De acordo com o Censo de 2000 (IBGE, 2003 *apud* ABAS, 2015), “aproximadamente 61 % da população brasileira é abastecida, para fins domésticos, com água subterrânea, sendo que 6% se auto-abastece das águas de poços rasos, 12% de nascentes ou fontes e 43% de poços profundos”. Estima-se que existam no País pelo menos 400.000 poços perfurados (ZOBY; MATOS, 2002).

3.2 AQUÍFERO

Um conceito importante a se considerar é o de aquífero. De acordo com a Resolução n. 15/2001, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), aquífero é o “corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos” (CNRH, 2001). Um aquífero pode ter extensão de poucos quilômetros quadrados a milhares de quilômetros quadrados, e podem apresentar espessuras de poucos metros a centenas de metros (REBOUÇAS *et al.*, 2002 *apud* ABAS, 2015).

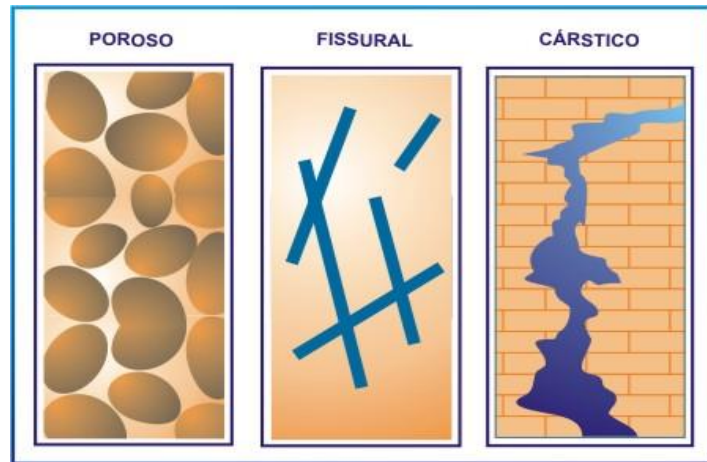
Os aquíferos podem ser classificados quanto à porosidade, em três tipos: poroso, fissural e cárstico (Figura 09). A seguir são descritas as principais características dos tipos citados (Quadro 01).

Quadro 01 - Principais características dos aquíferos porosos, fissurais e cársticos

Tipo	Principais características
Poroso	Formado por rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados ou solos arenosos, onde a circulação da água se faz nos poros formados entre os grãos de areia, silte e argila de granulação variada. Ocorrem em bacias sedimentares e várzeas, onde ocorre acúmulo de sedimentos arenosos. A distribuição homogênea dos grãos permite o fluxo de fluidos em todas as direções, permitindo que a água flua para qualquer direção, tão somente em função dos diferenciais de pressão hidrostática existente (isotropia).
Fissural	Formado por rochas ígneas, metamórficas ou cristalinas e duras, onde a circulação da água ocorre em fraturas, fendas e falhas, abertas devido ao movimento tectônico e intemperismo. A capacidade de acumulação está relacionada à quantidade de fraturas, suas aberturas e intercomunicação, permitindo a infiltração e fluxo da água. Nesses aquíferos, a água flui onde há fraturas, que tendem a ter orientações isotrópicas condicionadas a direções preferenciais.
Cárstico	Formado em rochas calcárias ou carbonáticas, onde a circulação da água ocorre em fraturas e outras descontinuidades (diáclases) que resultaram da dissolução do carbonato. São aquíferos heterogêneos, descontínuos, com águas duras (pH elevado), com fluxo em canais.

Fonte: BORGHETTI *et al.*, 2004 *apud* ABAS, 2015.

Figura 09 - Tipos de aquíferos quanto à porosidade



Fonte: BORGHETTI *et al.*, 2004 *apud* ABAS, 2015.

Os aquíferos também podem ser classificados quanto as suas características hidráulicas, em livres ou confinados (Figura 10), dependendo da pressão a que estão submetidos.

O aquífero livre (também chamado freático ou não confinado) é limitado superiormente pela superfície freática e inferiormente por uma camada de baixa permeabilidade, ficando submetido à pressão atmosférica. O aquífero confinado é aquele constituído por uma formação geológica permeável, confinada entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis. Nesse caso o aquífero está submetido a uma pressão maior que a atmosférica, devido à camada confinante acima dele. A captação de água do aquífero livre, embora mais vulnerável à contaminação, é mais frequentemente utilizada no Brasil, devido, sobretudo ao baixo custo e facilidade de perfuração (FOSTER, 1993; SILVA, 1999).

Figura 10 - Tipos de aquíferos quanto às características hidráulicas



Fonte: BORGHETTI *et al.*, 2004 *apud* ABAS, 2015.

3.3 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água subterrânea disponível é tão ou mais importante quanto o volume (quantidade) disponível da mesma. Os processos e fatores que influenciam na qualidade das águas subterrâneas, segundo Santos (2000), podem ser intrínsecos às características dos aquíferos como também podem estar relacionados a muitos outros fatores como: clima, composição da água de recarga, tempo de contato água/meio físico etc., além da contaminação causada pelo homem. Ainda de acordo com o mesmo,

a qualidade da água é definida por sua composição e pelo conhecimento dos efeitos que podem causar seus constituintes. O conjunto de todos os elementos que a compõe permite estabelecer padrões de qualidade da água, classificando-a, assim, de acordo com seus limites estudados e seus usos para o consumo humano, agrícola, industrial, etc. (SANTOS, 2000, p. 81).

Assim, o conceito de qualidade da água é relativo, pois está associada ao tipo de uso ao qual a água é designada. A água destinada ao consumo humano deve ser potável. A Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, no Art. 5, apresenta a definição da água potável, como sendo toda água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde (BRASIL, 2011).

4 METODOLOGIA

Visando facilitar o entendimento deste trabalho, os procedimentos para a realização da pesquisa foram estruturados em quatro etapas, apresentados resumidamente no quadro dois a seguir e detalhados nos próximos itens.

Quadro 02 - Etapas da pesquisa e suas respectivas atividades

1. Levantamento e análise crítica de referências bibliográficas	2. Coleta e tratamento de dados secundários	3. Classificação hidroquímica/Avaliação da qualidade da água	4. Análises e interpretações
Fundamentação teórica (Revisão bibliográfica) Caracterização da área de estudo	<ul style="list-style-type: none"> Dados do SIAGAS (CPRM) Dados da CERB 	Diagrama triangular de Piper (1944); Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde; Diagrama de Lemoine (1974); e critérios de qualidade propostos por Mathess (1982), Szikszay (1993) e Driscoll (1986).	➤ Corresponde ao capítulo cinco desta pesquisa

Elaboração: BORGES, P. G. (2015).

4.1 Etapa 1: levantamento e análise crítica de referências bibliográficas

Para consolidar o referencial teórico-metodológico deste trabalho científico foi imprescindível a consulta a diversas fontes bibliográficas. A seleção destas deu-se por meio de palavras-chave, e incluíram consultas em revistas, livros, artigos, periódicos, dicionários especializados, relatórios de pesquisa, dissertações, teses, dentre outros, disponíveis em meio analógico e digital.

As informações referentes aos aspectos físicos e socioeconômicos da área de estudo, foram obtidas, principalmente por meio de consultas a publicações (textuais e/ou cartográficas) da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Projeto RADAMBRASIL (1981), do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia, e dos trabalhos de Viana *et al.* (1971) e Caixeta *et al.* (1994).

Além destas, outras publicações, desenvolvidos pela iniciativa pública ou privada, que tratavam da área em estudo foram aproveitadas.

4.2 Etapa 2: coleta, análise e tratamento de dados secundários

Os dados hidrogeológicos e hidroquímicos dos poços utilizados nesta pesquisa foram obtidos por meio do Sistema de informações de Água Subterrânea (SIAGAS), de responsabilidade da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), e nos Arquivos da Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia (CERB).

O SIAGAS é um sistema de informações de águas subterrâneas desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), que é composto por uma base de dados de poços permanentemente atualizada, e de módulos capazes de realizar consulta, pesquisa, extração e geração relatórios (Informação disponível na homepage da CPRM)¹.

Após a realização da pesquisa no SIAGAS, foram encontrados no banco de dados do mesmo, 32 poços tubulares situados no município de Catu. Por meio do sistema foi possível fazer um download de uma planilha (geração de relatório), contendo as seguintes informações referentes a cada poço cadastrado: número do poço, data da instalação, cota, latitude, longitude, coordenada UTM, situação, uso da água, data da perfuração, método de perfuração, perfurador, condição, tipo de captação, data da mediação, nível da água, vazão, nível bombeamento (S/N), profundidade inicial e final, tipo formação, cor, odor, sabor, dentre outras informações. Além desta planilha extraída do SIAGAS, foram disponibilizadas pela CERB planilhas, contendo as seguintes informações referentes a cada poço: localidade, coordenada UTM, nível estático, nível dinâmico, cor, ferro, magnésio, ph, sílica, sulfato, acidez, potássio, sódio, resíduo total, cloreto, dentre outras informações. Foram fornecidas pela CERB informações de 50 poços perfurados em Catu.

As planilhas foram analisadas, e com o auxílio do *software Microsoft Excel 2010*, as informações pertinentes à pesquisa, foram reorganizadas em novas planilhas.

4.3 Etapa 3: classificação hidroquímica/avaliação da qualidade da água

Tradicionalmente se faz a classificação química das águas subterrâneas por meio de diagramas, os quais descrevem a concentração relativa dos íons principais (Ca, Mg, Na, K, CO₃, HCO₃, SO₄, Cl) e secundários (Fe, NO₃). Dentre as propostas mais conhecidas e utilizadas, de classificação destacam-se os trabalhos de Collins (1923); Piper (1944); Stiff (1951); e de Schoeller (1955).

¹ <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/apresentacao.php>

Para estabelecer a classificação das águas subterrâneas da área foi utilizado o diagrama triangular de Piper (1944), confeccionado por meio do programa *Qualigraf 2009*, elaborado pela Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME). Foram selecionados nove poços que continham informações pertinentes para a geração do diagrama.

Para avaliar a qualidade das águas utilizou-se a Portaria número 2.914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde. Os parâmetros utilizados foram: i) cloreto; ii) fluoreto; iii) ferro; iv) sódio; v) sólidos totais dissolvidos; vi) sulfato; vii) turbidez; viii) dureza; e ix) nitrato. Foram utilizadas, nesta avaliação, informações de 27 poços.

Para realizar a avaliação da qualidade da água para irrigação foi utilizado o diagrama de Lemoine (1974) do United State Salinity Laboratory (USSL). Enquanto que para a avaliação da qualidade das águas destinado a fabricação de cervejas, bebidas e suco de frutas foram utilizados os critérios de qualidade propostos por Mathess, 1982; Szikszay, 1993; e Driscoll, 1986 (SANTOS, 2000).

Com os dados da cota topográfica de cada poço e a profundidade do nível estático foi possível executar o modelamento cartográfico da superfície potenciométrica. O mapa potenciométrico foi confeccionado no *ArcGis*, versão 10.1.

Os mapas de localização da área de estudo, de distribuição dos parâmetros físico-químicos, vegetação e uso da terra, de geologia, geomorfologia e solo foram confeccionados no *ArcGis* 10.1.

4.4 Etapa 4: análises e interpretações

A última etapa corresponde ao capítulo cinco deste trabalho. Este capítulo apresenta os produtos confeccionados, análises e interpretações.

5 CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO HIDROQUÍMICA

5.1 Parâmetros físico-químicos

Para a melhor compreensão da ocorrência e distribuição dos parâmetros hidroquímicos analisados, foram elaborados mapas de distribuição dos valores de cloreto, nitrato, bicarbonato, ferro, condutividade elétrica, sulfato e fluoreto. Estes são apresentados a seguir.

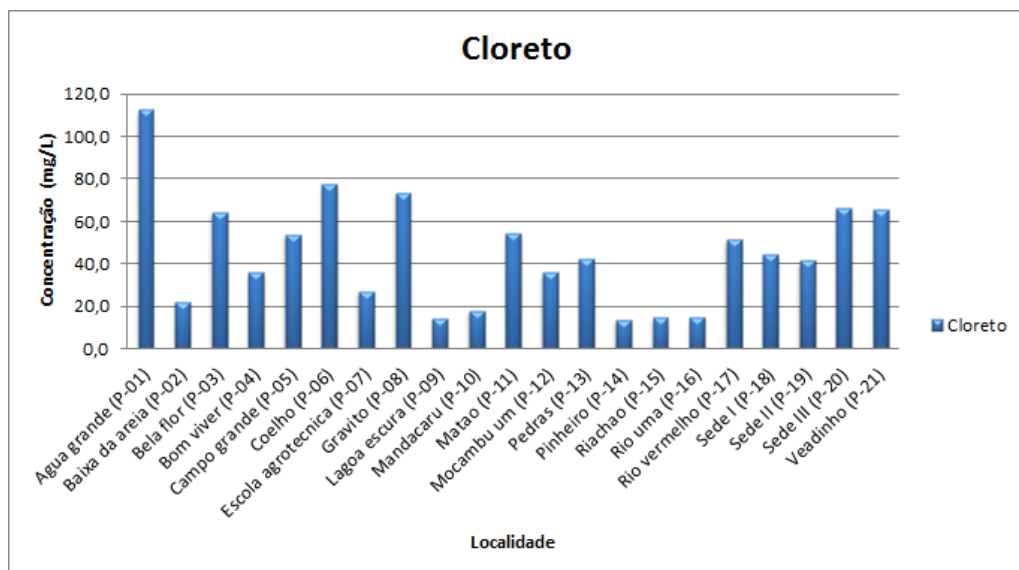
5.1.1 Cloreto

Os teores de cloreto identificados nas águas subterrâneas em análise apresentam valores mínimos de 13,60 mg/L e 14,50 mg/L (respectivamente P-14 e P-15) e máximos de 77,32 mg/L e 112,50 mg/L (P-06 e P-01) (Figura 11). O valor médio do cloreto é de 44,93 mg/L.

A Portaria n° 2.914/11 estabelece para as águas potáveis um valor máximo de 250 mg/L para o cloreto. Como é possível verificar na representação gráfica a seguir (Figura 11), todas as amostras analisadas estão dentro do limite estabelecido pela referida portaria.

Observa-se, por meio do mapa de distribuição do cloreto no município de Catu, que as maiores concentrações encontram-se nas porções sudoeste e central do município, especialmente nos poços P-01 (Água Grande), P-06 (Coelho) e P-08 (Gravito) (Figura 12).

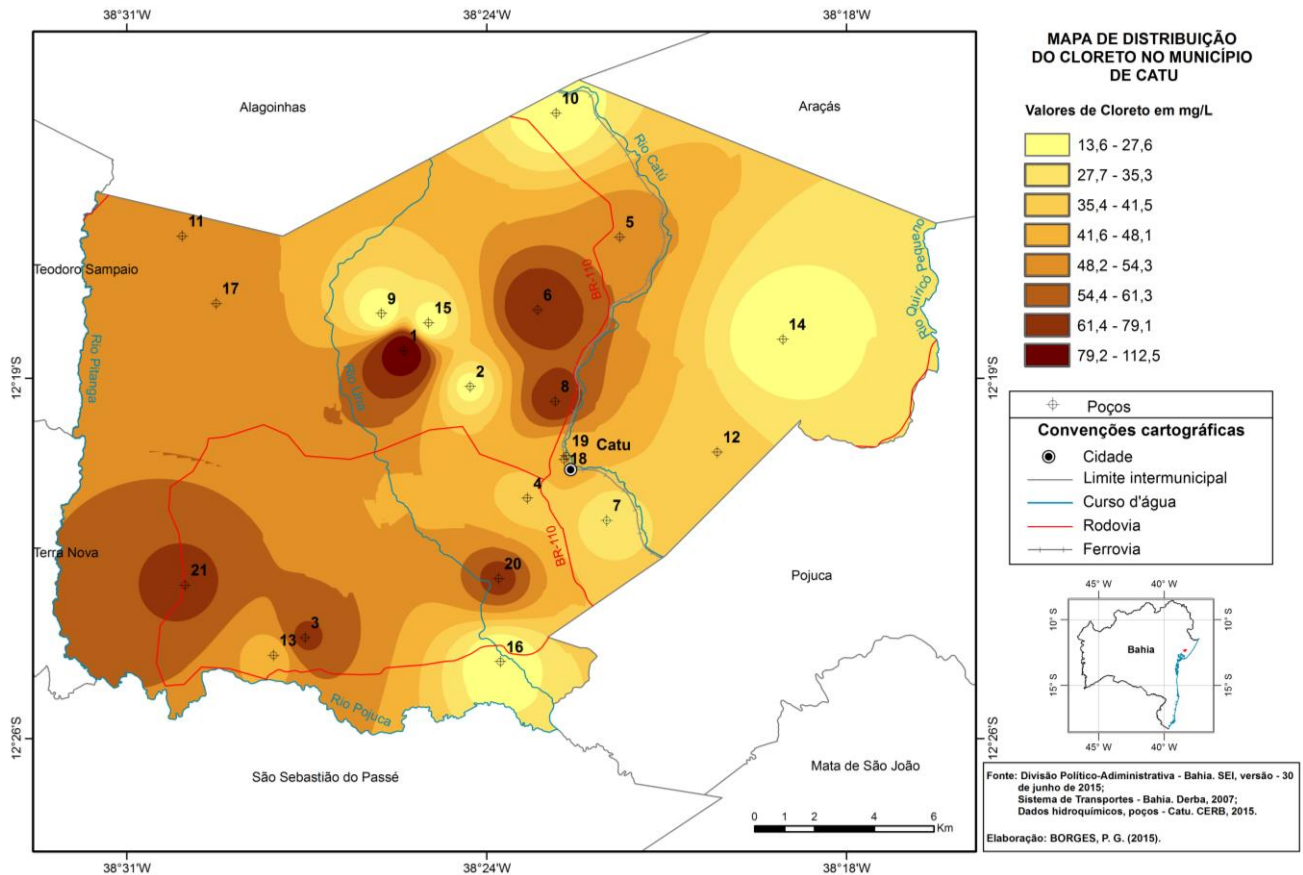
Figura 11 - Concentração de cloreto nas águas subterrâneas de Catu



Fonte: CERB, 2015.

Elaboração: BORGES, P. G. (2015).

Figura 12 - Mapa de distribuição dos valores de cloreto no município de Catu



5.1.2 Condutividade Elétrica (CE)

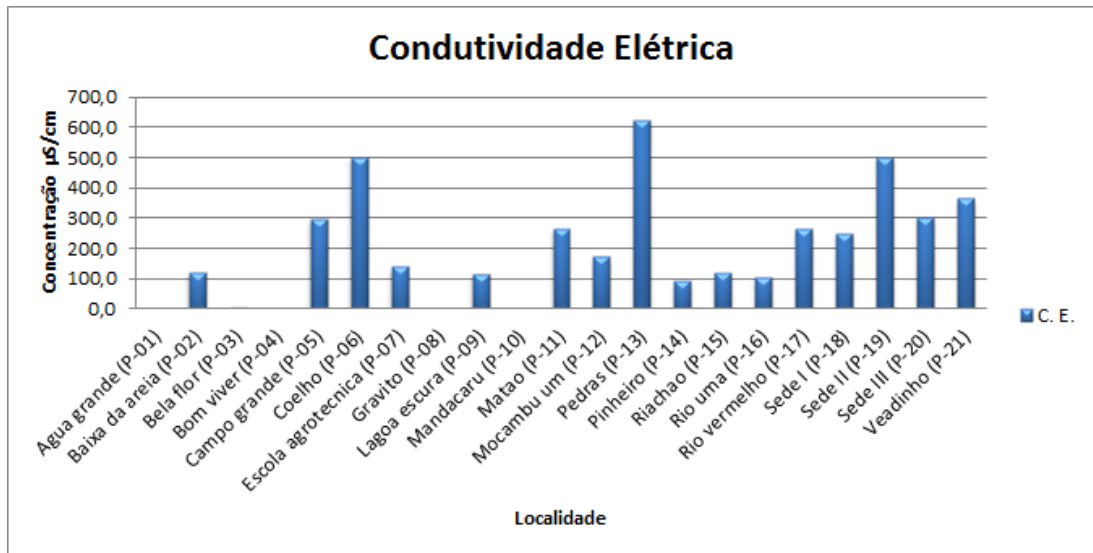
A condutividade elétrica varia de 0,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P-03) a 625 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P-13). O valor médio de todos os pontos é de 201,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

É importante ressaltar que a legislação brasileira não determina um valor máximo permitido para a Condutividade Elétrica. Entretanto, é recomendada por alguns pesquisadores, que os valores sejam inferiores a 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (LOGAN, 1965; MENDES & OLIVEIRA, 2004). Dito isto, é possível verificar que os valores de concentração da condutividade elétrica de todas as amostras analisadas são inferiores aos recomendados (Figura 13), tratando-se portanto de água doce, como é verificado posteriormente.

O mapa a seguir (Figura 14) representa a distribuição da condutividade elétrica na área de estudo. Os maiores valores da C.E. estão concentrados na porção central (poços 06 e 19) e na porção sudoeste (poço 13) do município. Uma hipótese plausível para justificar os valores de C.E. mais elevados nesses poços é de que estes foram completados em profundidades rasas, existindo a grande possibilidade destas águas serem captadas no Aquífero Marizal (Figuras 15, 16 e 17), que em muitos locais possuem uma relação com níveis evaporíticos, os quais favorecem a elevação da salinidade dessas águas. Acrescenta-se a isso a identificação de

nódulos de calcário na Formação São Sebastião (Viana *et al.*, 1971), sotoposta à Formação Marizal, que podem ter contribuído para o aumento da C.E nas águas dos poços analisados. No entanto para obter conclusões seguras é necessária a análise físico-química das rochas desses perfis geológicos.

Figura 13 - Valores de condutividade elétrica nas águas subterrâneas de Catu



Fonte: CERB, 2015.

Elaboração: BORGES, P. G. (2015).

Figura 14 - Mapa de distribuição da condutividade elétrica no município de Catu

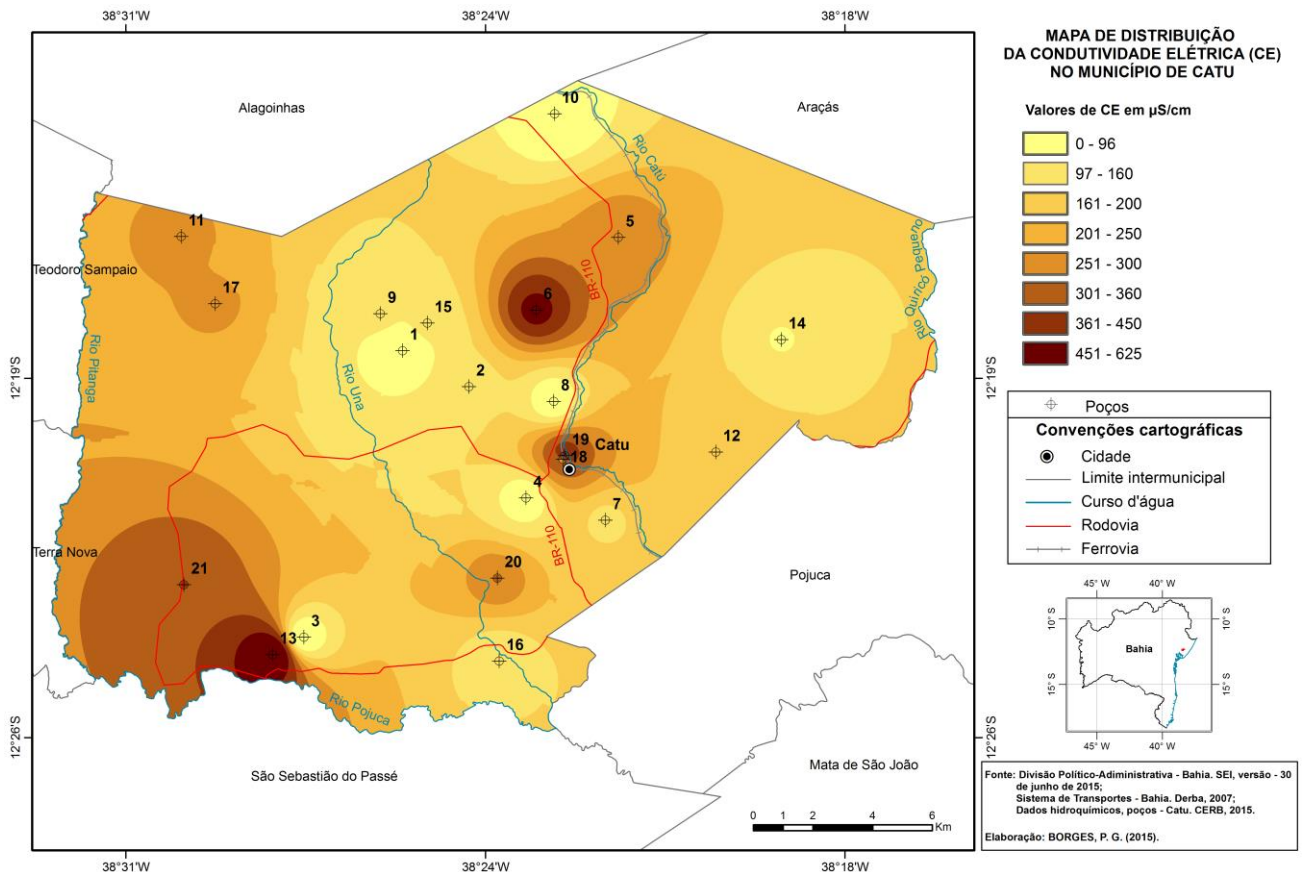
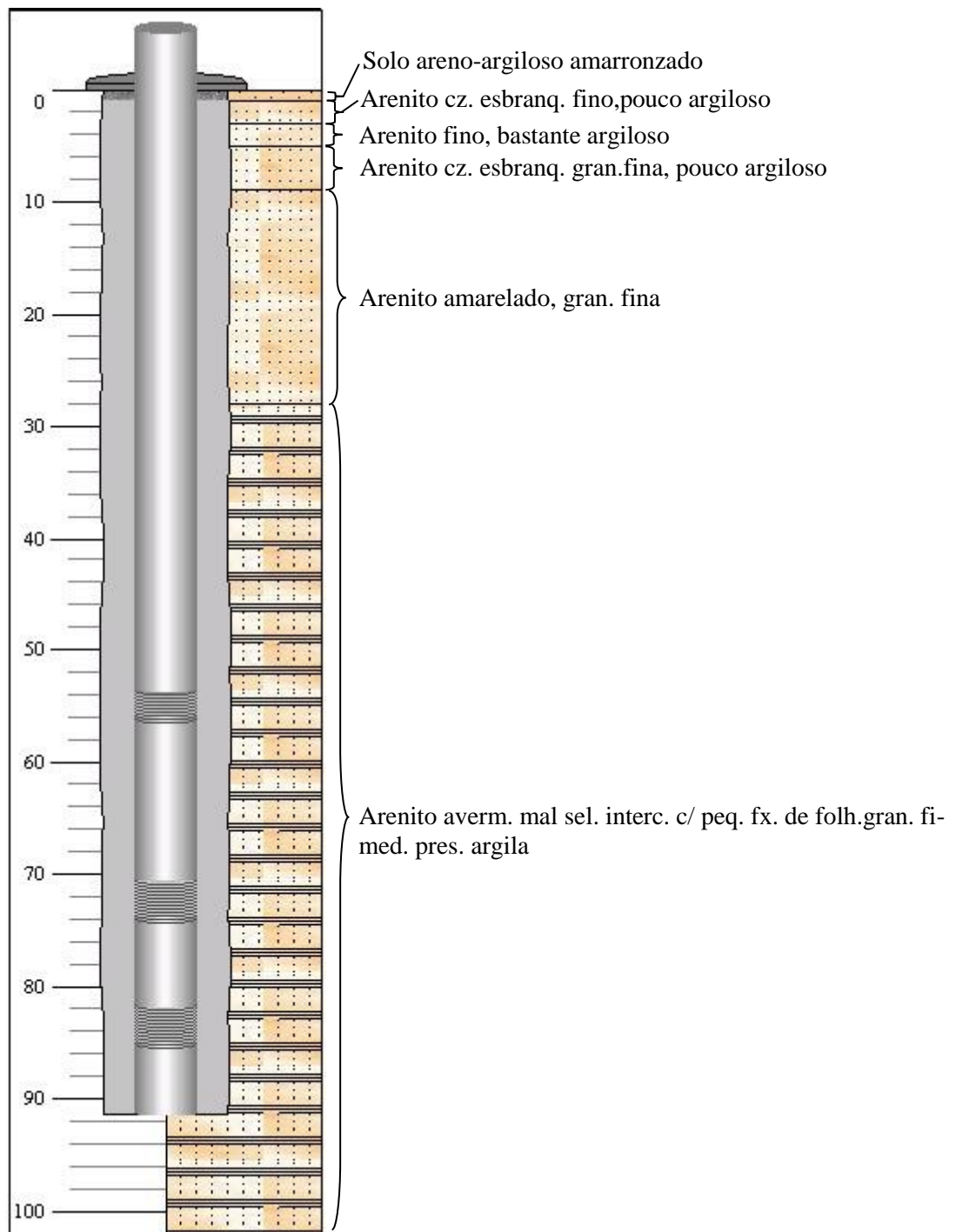
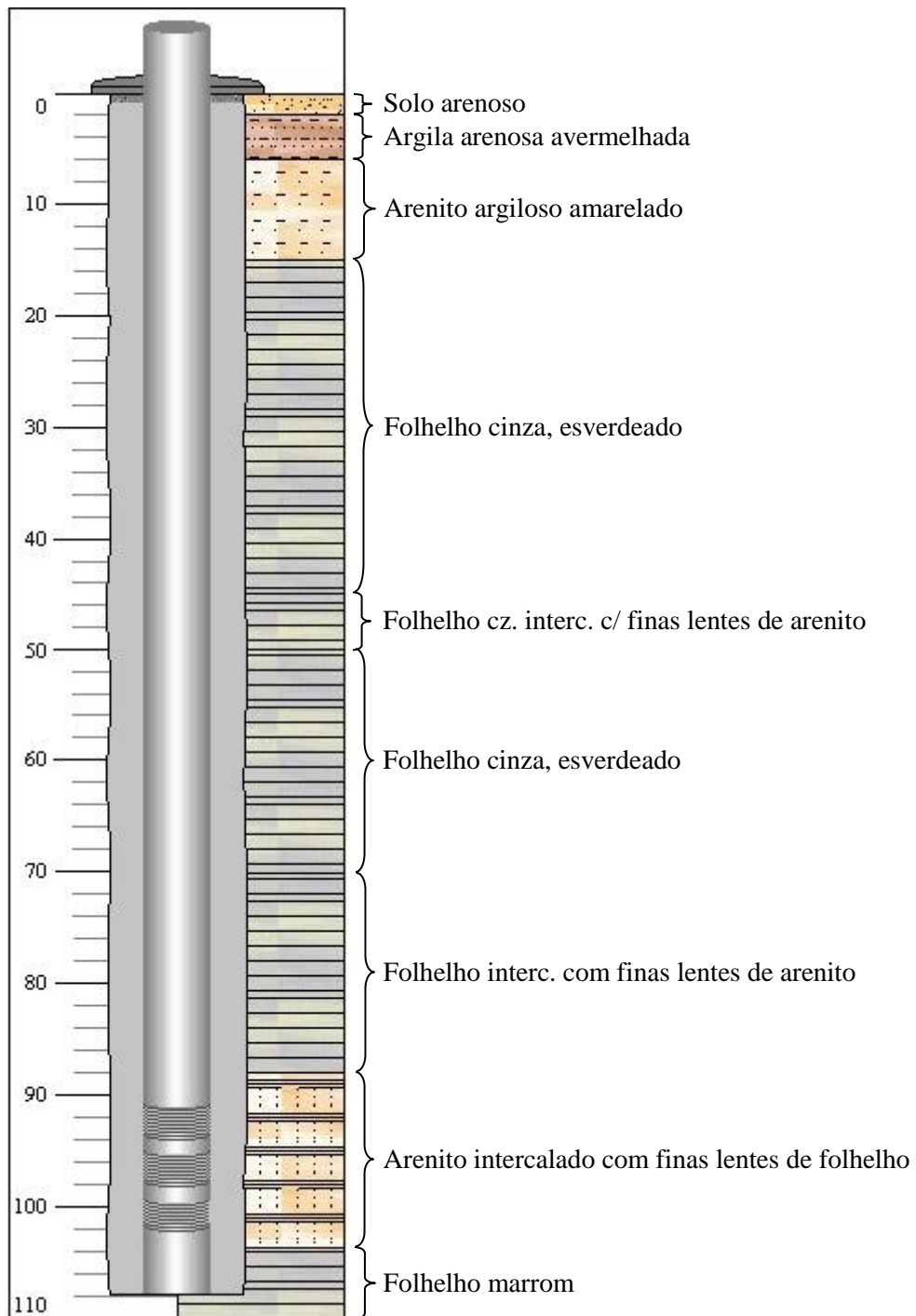


Figura 15 - Perfil geológico do poço 06 (Km)



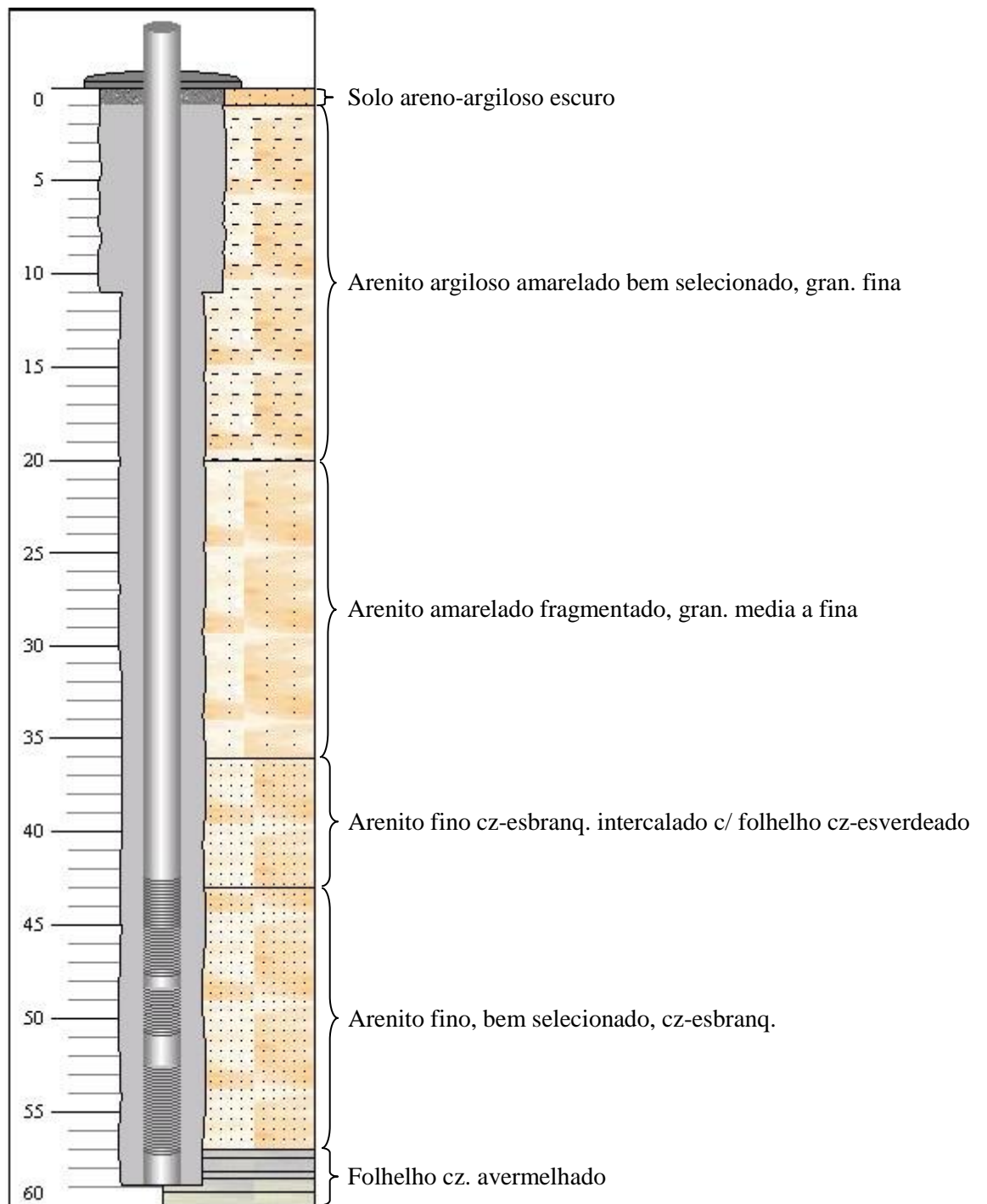
Fonte: SIAGAS, 2015.

Figura 16 - Perfil geológico do poço 13 (Km/Kis)



Fonte: SIAGAS, 2015.

Figura 17 - Perfil geológico do poço 19 (Km/Kss)



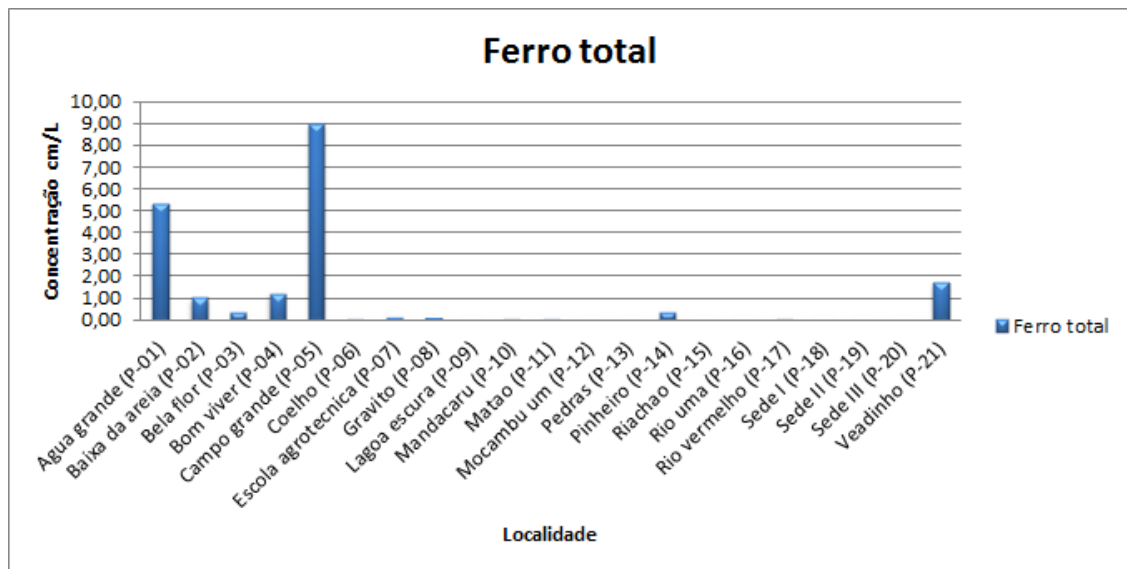
Fonte: SIAGAS, 2015.

5.1.3 Ferro Total

O ferro apresenta na água dos poços analisados, uma variação de 0,01 mg/L a 9,0 mg/L (Figura 18), com uma média de 0,93 mg/L.

A Portaria n° 2914/11 estabelece para as águas potáveis um valor máximo de 0,3 mg/L para o ferro. Os resultados obtidos mostram que os poços de Baixa da areia (P-02) (1,03 mg/L), Bela Flor (P-03) (0,37 mg/L), Bom Viver (P-04) (1,22 mg/L), Pinheiro (P-14) (0,37 mg/L), Veado (P-21) (1,73 mg/L), Água Grande (P-01) (5,35 mg/L) e Campo Grande (P-05) (9,0 mg/L), apresentaram valores acima do limite estipulado para consumo humano.

Figura 18 - Concentração de ferro total nas águas subterrâneas de Catu



Fonte: CERB, 2015.

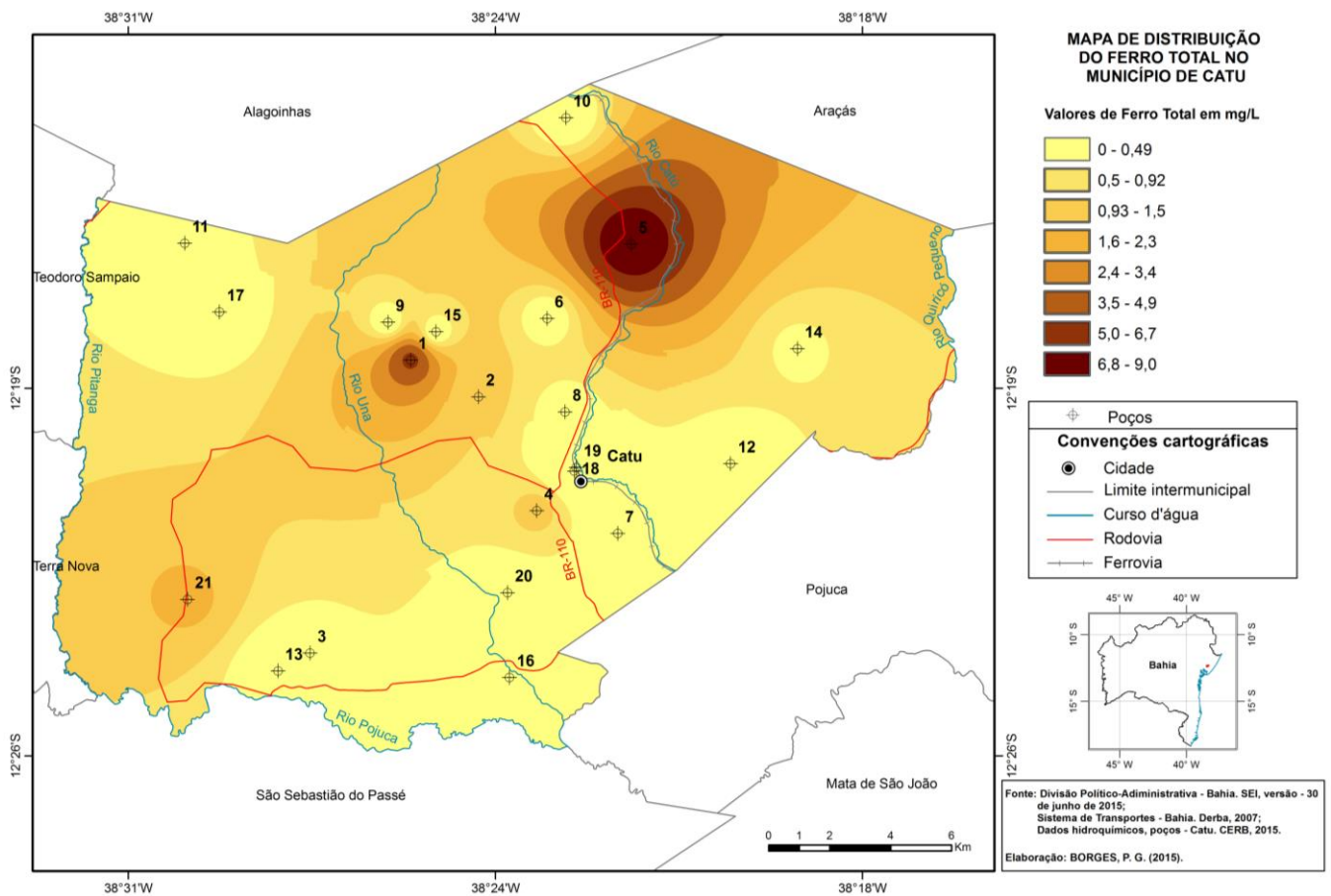
Elaboração: BORGES, P. G. (2015).

A partir da leitura do mapa a seguir (Figura 19), é possível verificar que os poços com maiores concentrações de ferro estão situados a noroeste e a nordeste da sede municipal.

No corpo humano, o ferro atua na formação da hemoglobina (pigmento do glóbulo vermelho que transporta oxigênio dos pulmões para os tecidos). A sua deficiência pode causar anemia e seu excesso pode aumentar a incidência de problemas cardíacos e diabetes (SANTOS, 2000). O ferro confere à água um sabor amargo e coloração amarela e turva, decorrente da sua precipitação quando oxidado. Além disso, o ferro contido na água causa manchas nas instalações sanitárias e nas roupas.

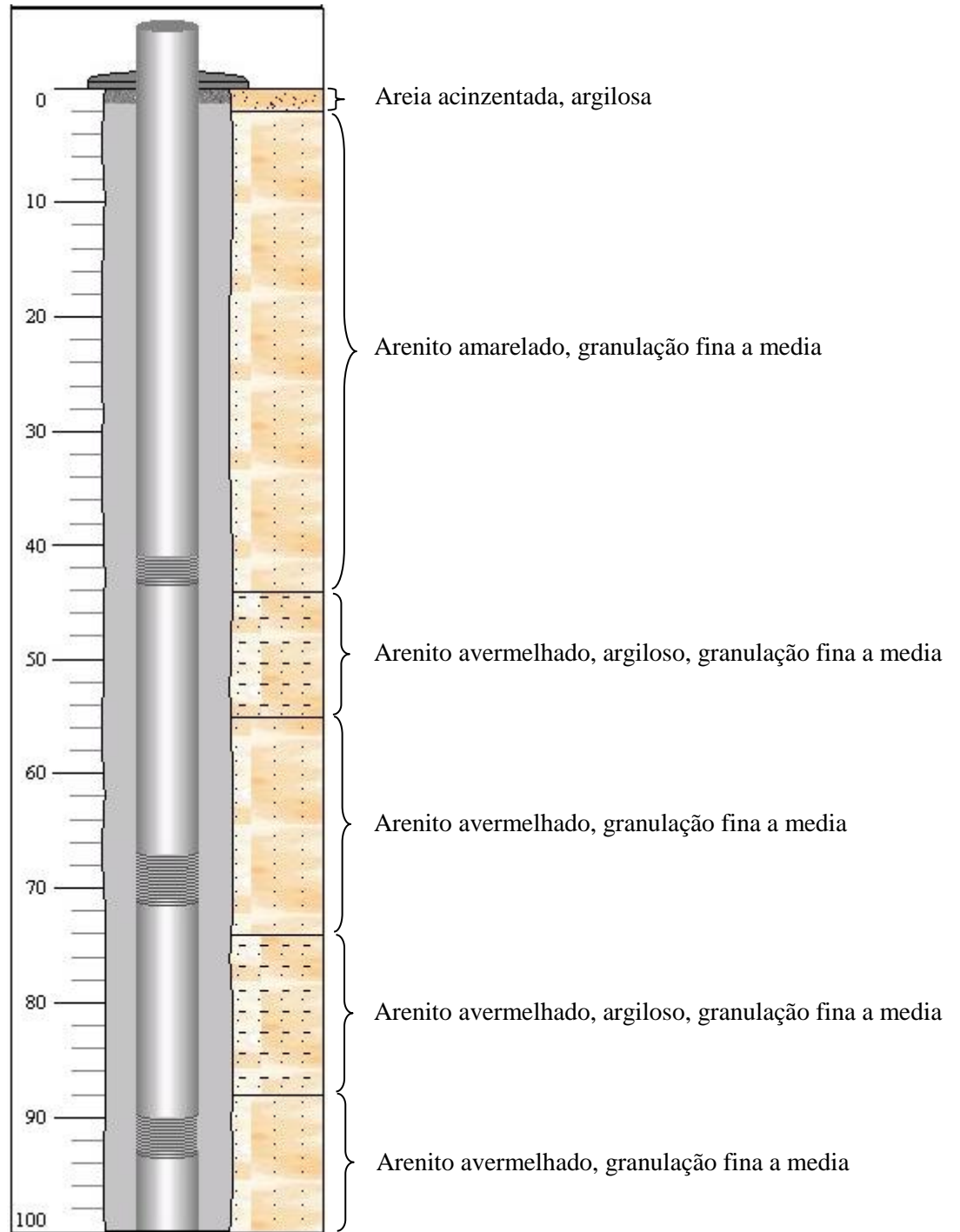
As elevadas concentrações de ferro nos poços supracitados podem estar associadas ao contato da água com as tubulações metálicas, a poluição industrial, ou mesmo com a lixiviação do solo. Podem também, estar associados à corrosão dos revestimentos e/ou filtros por falta de manutenção, ou mesmo, estar relacionadas às composições naturais das rochas presentes nos perfis geológicos destes poços.

Figura 19 - Mapa de distribuição do ferro total no município de Catu



É possível verificar, por meio do perfil geológico de um dos poços estudados (Figura 20), a presença de arenitos avermelhados e argilas, ricos em óxidos e hidróxidos de ferro, como exemplos a hematita (Fe_2O_3) e a goethita ($\text{FeO}(\text{OH})$), que são fonte de íons Fe^{++} e Fe^{+++} que enriquecem essas águas em ferro.

Figura 20 - Perfil geológico do poço 05 (Kss)



Fonte: SIAGAS, 2015.

5.1.4 Nitrato

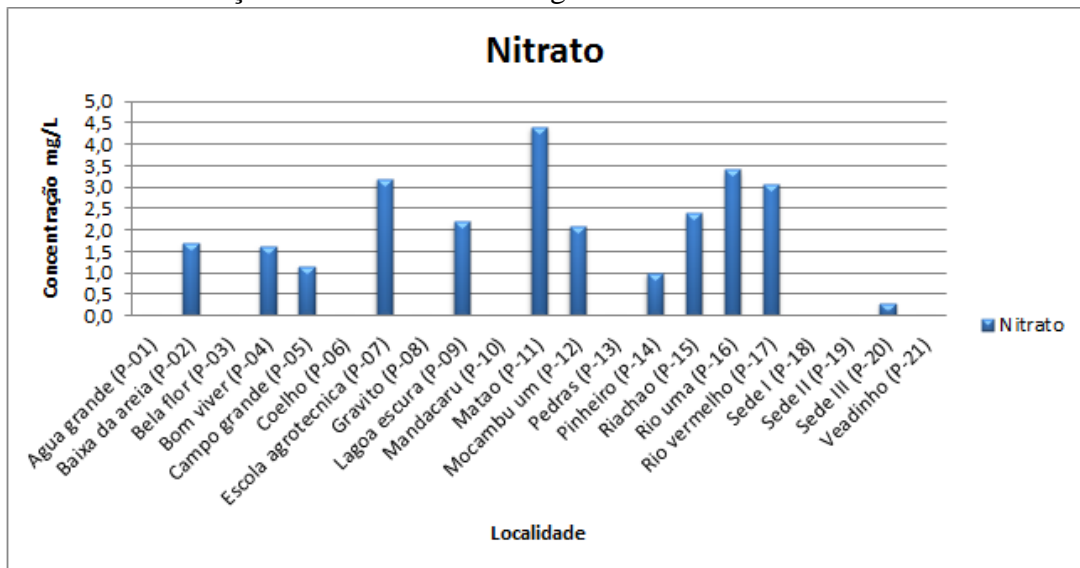
As pequenas concentrações de nitrato encontradas em águas naturais geralmente estão associadas com a presença da matéria orgânica em estágio avançado de oxidação. Valores acima do máximo permitido podem ser indicativo de contaminação dessas águas pela atividade antrópica (esgotos, fossas sépticas, etc).

Os teores de nitrato identificados nas águas subterrâneas em análise apresentam valores mínimos de 0,3 mg/L e 1,0 mg/L (respectivamente P-20 e P-14) e máximos de 3,4 mg/L e 4,4 mg/L (P-16 e P-11) (Figura 21). O valor médio do nitrato é de 1,3 mg/L.

A Portaria n° 2.914/11 estabelece para as águas potáveis um valor máximo de 10 mg/L para o nitrato. Como é possível verificar na representação gráfica a seguir (Figura 21), todas as amostras analisadas estão dentro do limite legislado.

Observa-se, por meio do mapa de distribuição do nitrato no município de Catu, que as maiores concentrações encontram-se nas porções noroeste, sul e sudeste do município, especialmente nos poços P-07 (Escola Agrotécnica), P-11 (Matão) e P-16 (Rio Una) (Figura 22).

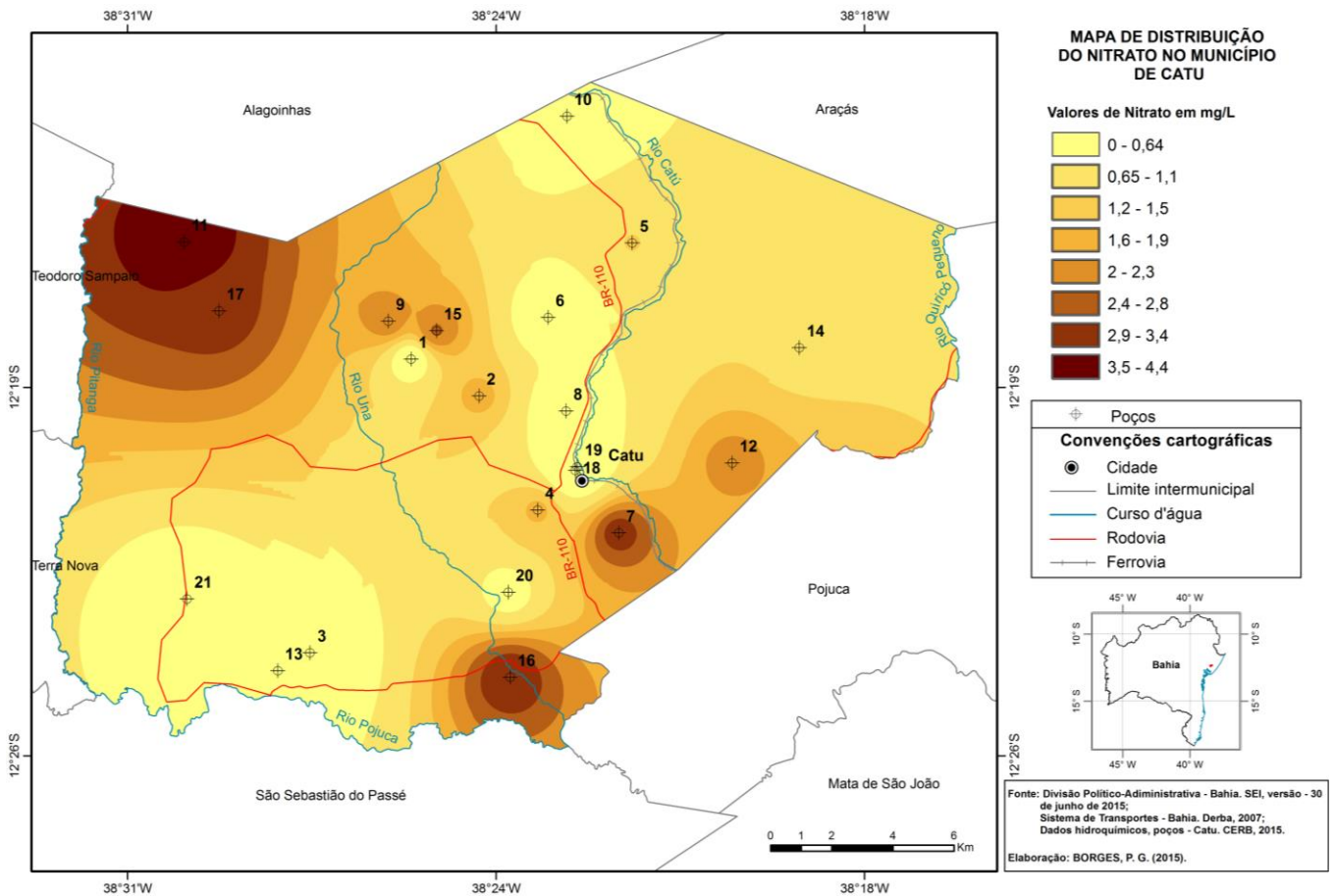
Figura 21 - Concentração de Nitrato total nas águas subterrâneas de Catu



Fonte: CERB, 2015.

Elaboração: BORGES, P. G. (2015).

Figura 22 - Mapa de distribuição do nitrato no município de Catu



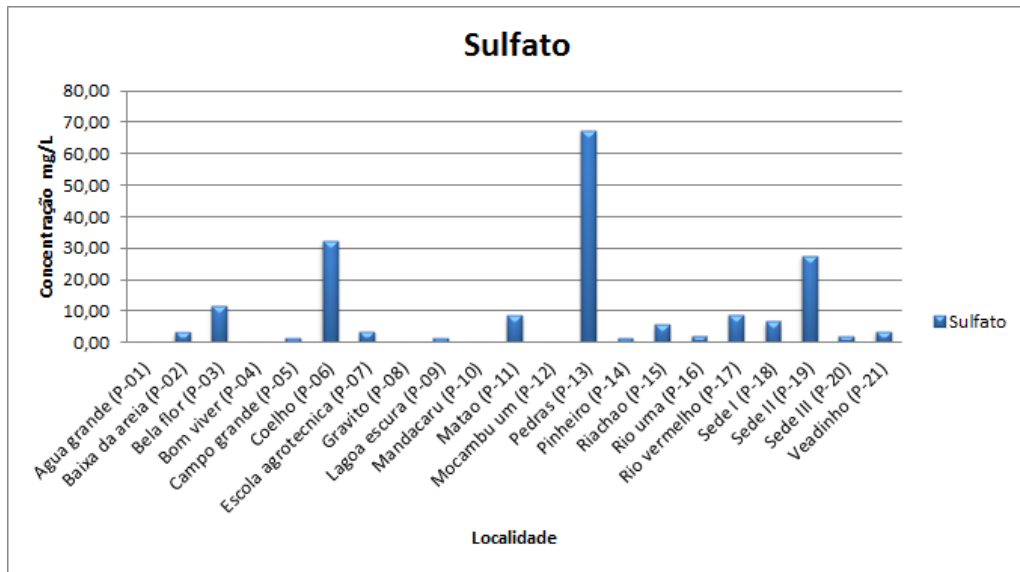
5.1.5 Sulfato

Os teores de sulfato variam de 1,4 mg/L (P-05 e P-14) a 67,5 mg/L (P-13). O valor médio de todos os pontos estudados é de 8,97 mg/L.

A Portaria nº 2.914/11 estabelece para as águas potáveis um valor máximo de 250 mg/L para o sulfato. Como é possível verificar na representação gráfica a seguir (Figura 23), todas as amostras analisadas estão dentro do limite legislado.

O mapa a seguir (Figura 24) representa a distribuição do sulfato na área de estudo. Os maiores valores estão concentrados ao norte, e sudoeste da sede municipal. Estas concentrações podem estar associadas à barita (BaSO_4), que se apresenta sob forma laminada e cristalizada na Formação São Sebastião (vide item 2.3.6.2, p.27).

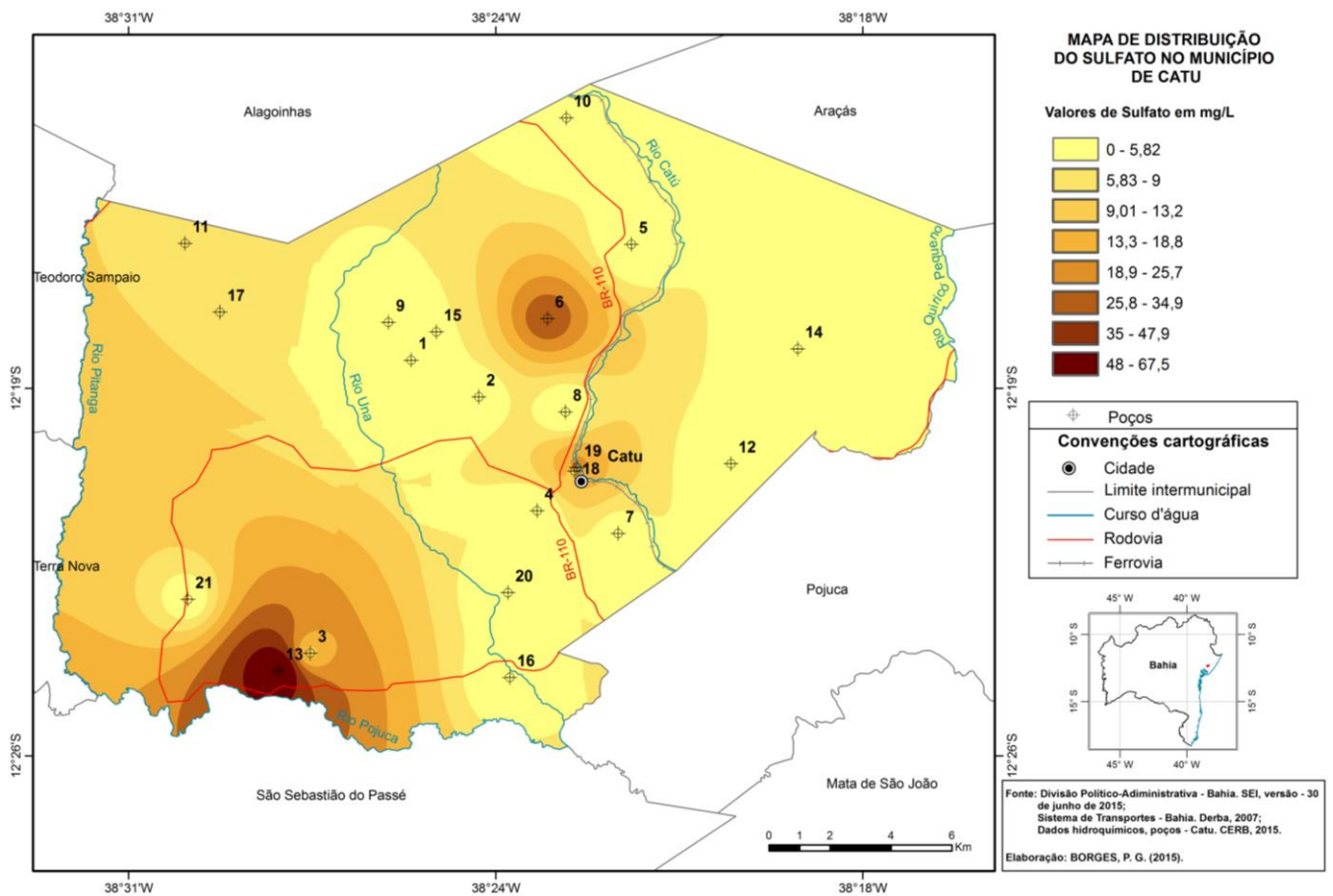
Figura 23 - Concentração de sulfato nas águas subterrâneas de Catu



Fonte: CERB, 2015.

Elaboração: BORGES, P. G. (2015).

Figura 24 - Mapa de distribuição do sulfato no município de Catu



5.1.6 Bicarbonato

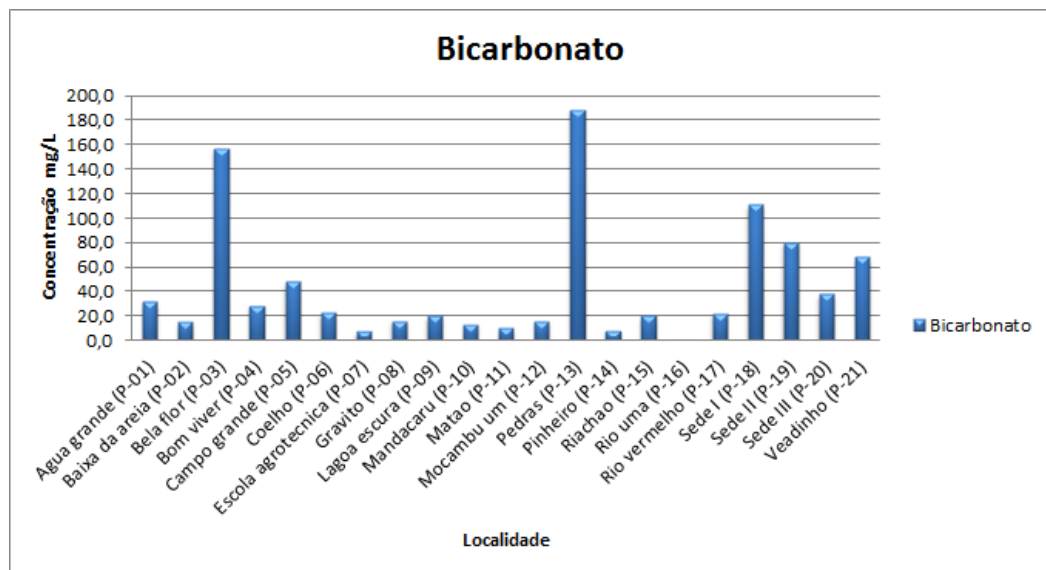
Os teores de bicarbonato identificados nas águas subterrâneas em análise apresentam valores mínimos de 7,4 mg/L e 8,0 mg/L (respectivamente P-07 e P-14) e máximos de 156 mg/L e 188,4 mg/L (P-03 e P-13) (Figura 25).

É importante ressaltar que a Portaria n° 2.914/11 não estabelece valores máximos permissíveis para o bicarbonato.

Observa-se, por meio do mapa de distribuição do bicarbonato no município de Catu, que as maiores concentrações encontram-se ao sudoeste da sede município, especialmente nos poços P-13 (Pedras) e P-03 (Bela Flor) (Figura 26).

A presença de níveis carbonáticos na Formação São Sebastião, descritas na geologia local (item 2.3.6.2, p.27), é uma provável fonte que fez com que as concentrações de bicarbonato se elevassem ultrapassando os valores médios em alguns poços.

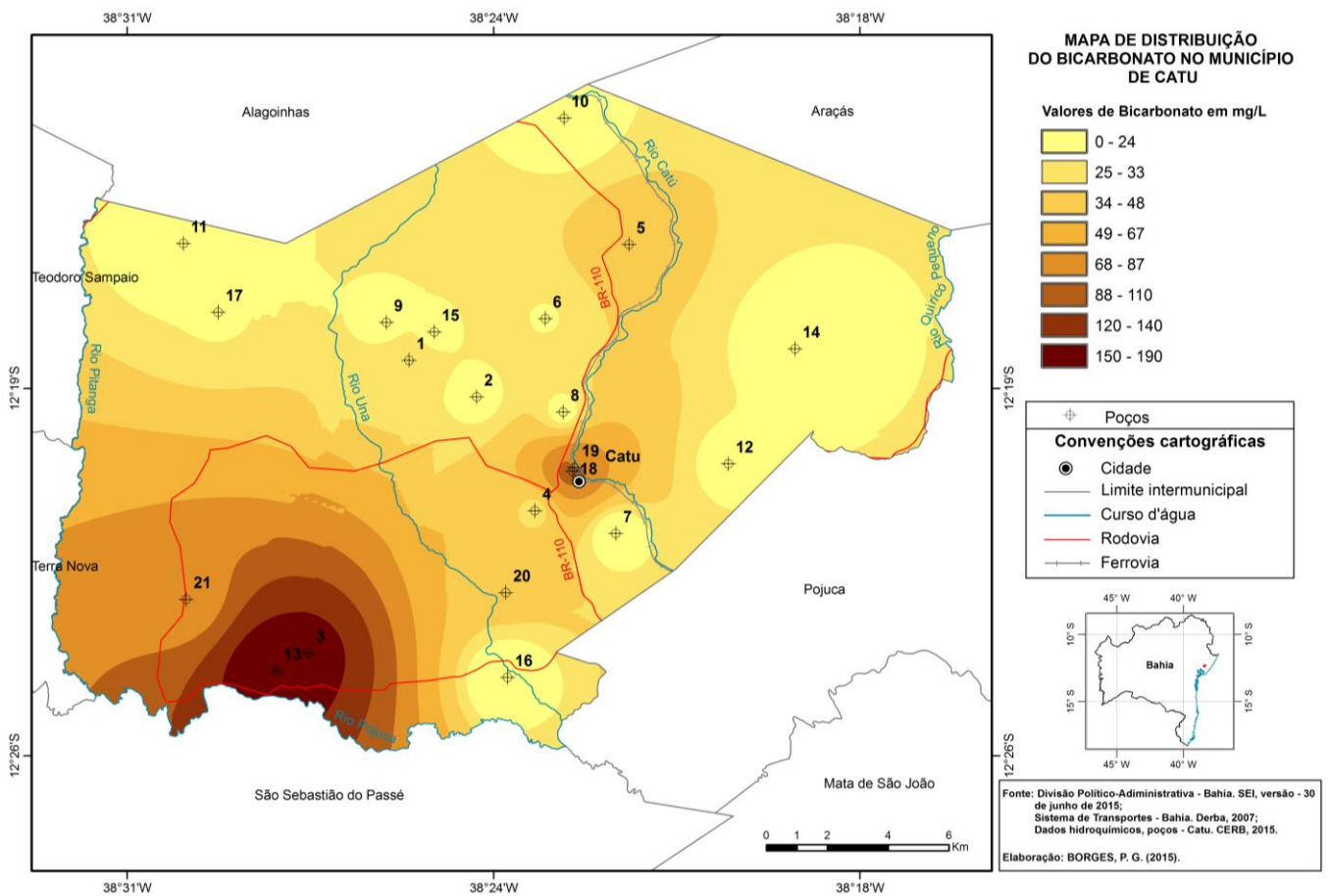
Figura 25 – Concentração do Bicarbonato nas águas subterrâneas de Catu



Fonte: CERB, 2015.

Elaboração: BORGES, P. G. (2015).

Figura 26 - Mapa de distribuição do Bicarbonato no município de Catu



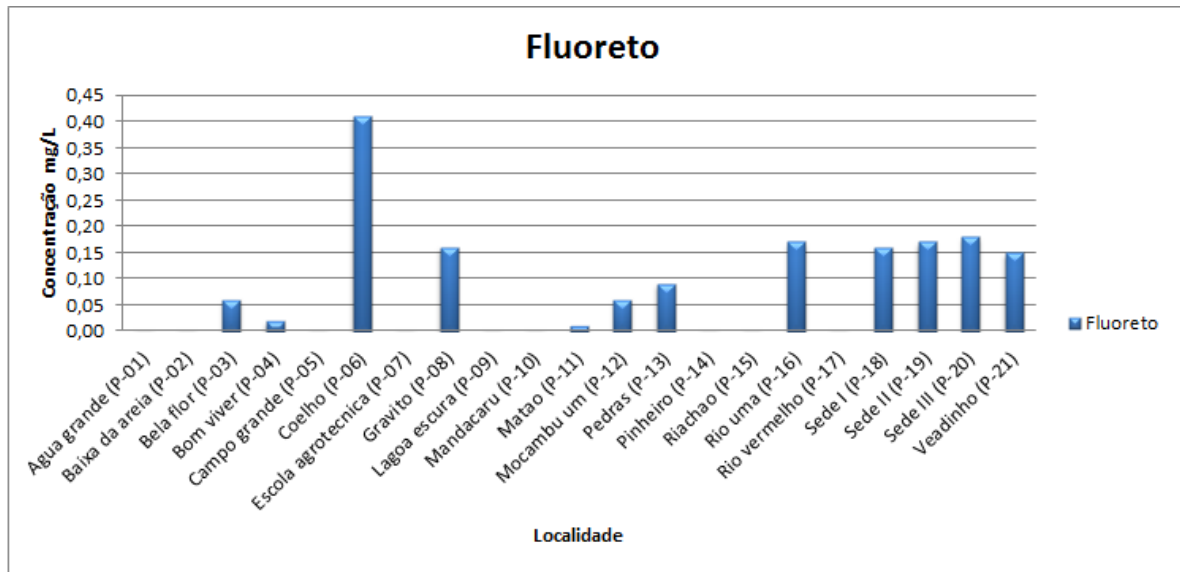
5.1.7 Fluoreto

Os teores de fluoreto identificados nas águas subterrâneas em análise apresentam valores mínimos de 0,01 mg/L e 0,02 mg/L (respectivamente P-11 e P-04) e máximos de 0,18 mg/L e 0,41 mg/L (P-20 e P-06) (Figura 27). O valor médio do fluoreto é de 0,08 mg/L.

O flúor é benéfico para a saúde humana em baixas concentrações, prevenindo cáries dentárias em crianças em fase de crescimento. Por outro lado, altas concentrações podem causar deformações nos ossos, e até levar o homem à morte (SANTOS, 2000). Por estas razões a Portaria n° 2.914/11 estabelece para as águas potáveis um valor máximo de 1,5 mg/L para o fluoreto. Como é possível observar na representação gráfica a seguir (Figura 27), todas as amostras analisadas estão dentro do limite legislado.

Observa-se, por meio do mapa de distribuição do fluoreto no município de Catu, que as maiores concentrações encontram-se ao norte da sede do município (Figura 28).

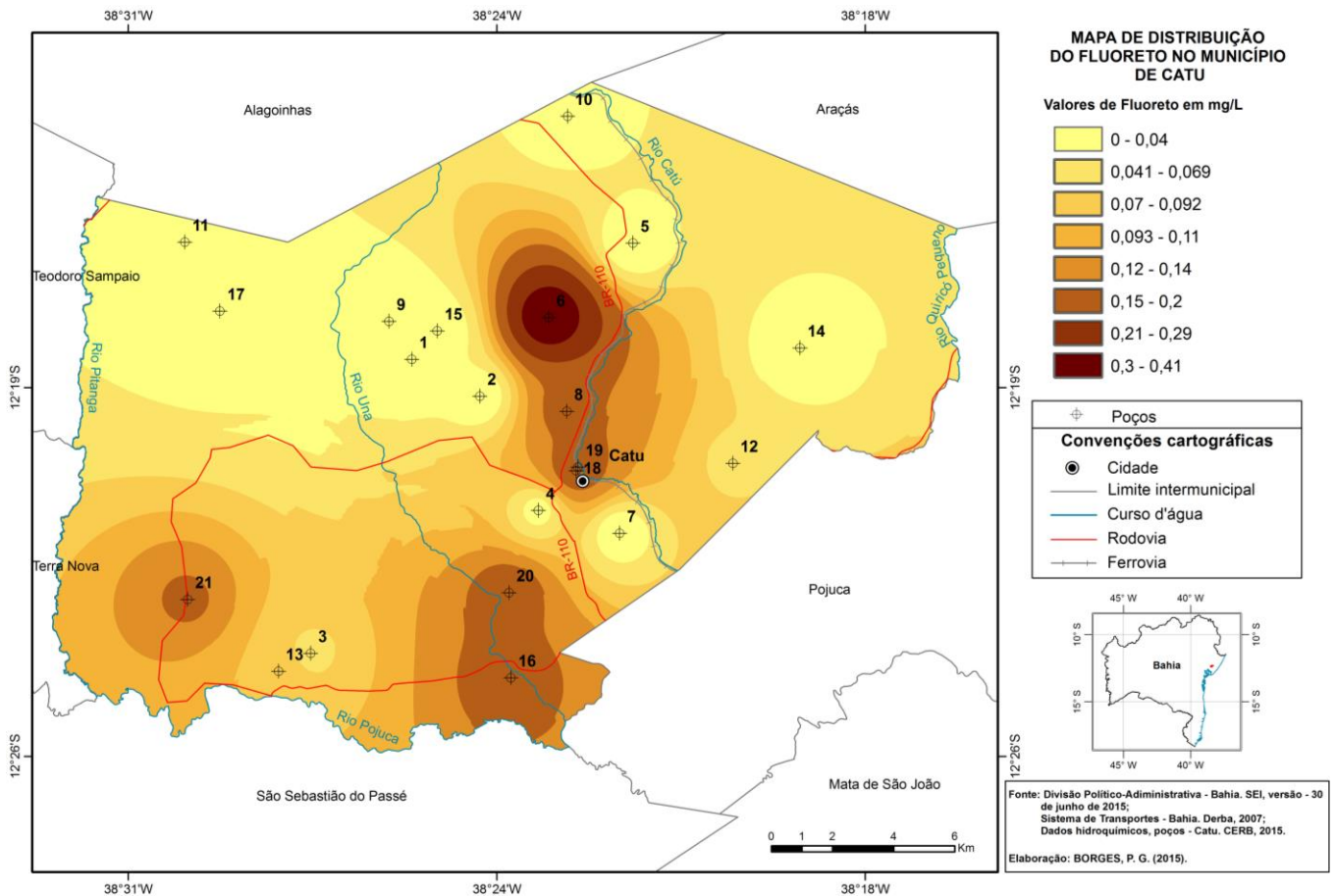
Figura 27 - Concentração do Fluoreto nas águas subterrâneas de Catu



Fonte: CERB, 2015.

Elaboração: BORGES, P. G. (2015).

Figura 28 - Mapa de distribuição do Fluoreto no município de Catu



5.2 Associação dos parâmetros físico-químicos na água subterrânea

Com o propósito de analisar as relações entre os parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas em estudo, uma matriz de correlação linear de Pearson (Tabela 06) foi confeccionada com o auxílio do *software Excel* 2010.

O coeficiente de correlação linear de Pearson corresponde à medida do grau de relação linear entre duas variáveis. Este coeficiente varia entre os valores 1 e -1, sendo que o valor 1 indica uma relação linear perfeita e diretamente proporcional (quando uma das variáveis aumenta, a outra aumenta também), enquanto que o valor -1 indica uma relação linear perfeita, porém inversamente proporcional, ou seja, quando uma das variáveis aumenta a outra diminui. Quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte é a associação linear entre as duas variáveis. O valor 0 (zero) significa que não há relação linear entre quaisquer variáveis.

Para o presente estudo, foram obtidos dados das águas subterrâneas de vinte e sete (27) poços para a realização dos cálculos do coeficiente de correlação linear de Pearson. O valor crítico para estabelecer as relações foi de 0,38 para um nível de confiabilidade de 95%. Porém admitiu-se o valor $r \geq 0,70$ para estabelecer e definir as fortes correlações entre as variáveis estudadas.

Tabela 06 - Dados estatísticos da matriz de correlação linear de Pearson.

	STD	Cl	Dureza	NO ₃	HCO ₃	Ca	CE	Fe	F	Mg	Ph	SO ₄	Turbidez	K	Na
STD	1														
Cl	1,0	1													
Dureza	1,0	1,0	1												
NO ₃	-0,4	-0,4	-0,4	1											
HCO ₃	0,6	0,2	0,8	-0,6	1										
Ca	0,8	0,6	0,7	-0,2	0,6	1									
CE	0,7	0,5	0,5	-0,2	0,4	0,8	1								
Fe	0,0	-0,1	-0,1	-0,4	-0,1	0,1	0,0	1							
F	0,0	0,2	0,3	-0,5	0,0	0,5	0,5	-0,3	1						
Mg	0,8	0,5	0,7	-0,4	0,6	0,8	0,8	-0,3	0,6	1					
Ph	0,2	0,1	0,3	-0,2	0,4	0,6	0,5	0,2	0,3	0,5	1				
SO ₄	0,6	0,2	0,5	0,6	0,6	0,6	0,8	-0,3	0,1	0,8	0,5	1			
Turbidez	0,5	0,5	0,4	-0,2	-0,1	-0,3	-0,2	0,4	-0,3	-0,2	0,0	-0,4	1		
K	0,8	0,9	0,8	-0,6	0,7	0,6	0,3	0,2	0,5	0,9	-0,2	0,2	0,2	1	
Na	0,7	0,7	0,4	0,5	0,4	0,7	0,3	-0,4	-0,4	0,4	-0,1	0,7	0,1	0,3	1

Nota: Os valores em vermelho indicam forte correlação linear entre as variáveis, para $r \geq 0,7$.

Elaboração: BORGES, P. G. (2015).

A análise dos resultados obtidos da matriz de correlação linear mostra a condutividade elétrica (CE), cujos valores apresentam relação direta com a salinidade, com uma forte relação com os sólidos totais dissolvidos (STD) ($r = 0,7$), com os cátions Ca ($r = 0,8$), Mg ($r = 0,8$), e com o SO_4 ($r = 0,8$). Outra correlação importante observada foi a dos STD, que correspondem a todas as substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas em meio líquido, apresentando uma associação perfeita e positiva ($r = 1$) com os cloretos (Cl^-) e com a dureza, e boa relação com os cátions em geral (Ca, Mg, K, e Na), e também com a CE ($r = 0,7$), como dito anteriormente. Isso quer dizer que as associações entre os respectivos parâmetros ocorrem por causa de estes elementos apresentarem mobilidade semelhante, e, portanto, tendem a se agrupar na mesma região. Porém, como já visto anteriormente, a causa maior dessas associações é a influência das litologias presentes na região.

5.3 Classificação hidroquímica

5.3.1 Classificação das águas subterrâneas, relações iônicas características e categorização da salinidade

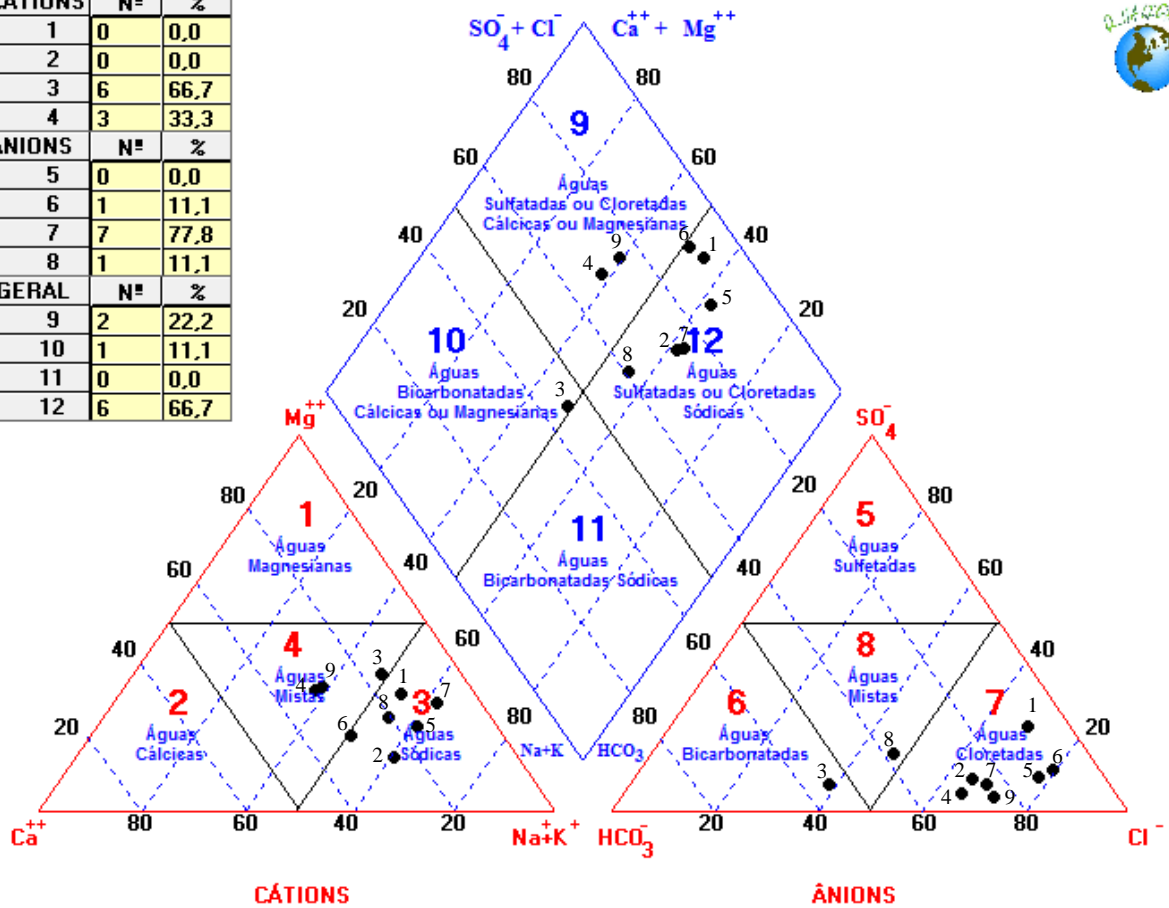
Para classificar as águas subterrâneas do município de Catu foram selecionados 09 (nove) poços tubulares perfurados por toda a área do município, os quais continham dados de análises químicas completas nos bancos de dados da CERB.

Com os dados das análises químicas e com o auxílio do *software Qualigraf* (FUNCEME, 2009), foi possível classificar as águas subterrâneas da área utilizando o diagrama triangular de Piper (1944). Com os dados químicos, foi possível estabelecer, também, as relações iônicas características, apresentadas a seguir (Tabela 07).

A interpretação geral do diagrama (Figura 29) permite classificar as águas subterrâneas em estudo como sendo, predominantemente, cloretadas sódicas numa frequência de 66,7% dos pontos estudados e 22,2% em magnesianas. Entre os cátions as águas subterrâneas evoluem hidroquimicamente de sódicas para mistas. Entre os ânions as águas subterrâneas evoluem de cloretadas para mista e, finalmente, para bicarbonatada.

Figura 29 - Diagrama triangular de Piper (1944) com a caracterização hidroquímica das águas subterrâneas

CATIONS	Nº	%
1	0	0,0
2	0	0,0
3	6	66,7
4	3	33,3
ANIONS	Nº	%
5	0	0,0
6	1	11,1
7	7	77,8
8	1	11,1
GERAL	Nº	%
9	2	22,2
10	1	11,1
11	0	0,0
12	6	66,7



As relações aniônicas predominantes nas águas subterrâneas em estudo são do tipo $rCl > rHCO_3 > rSO_4$ em 66,7% dos poços tubulares estudados. Dentro desse grupo, as relações catiônicas presentes são dos tipos $rNa > rMg > rCa$ (55,58%) e $rNa > rCa > rMg$ (11,12%) dos poços tubulares estudados (Tabela 07).

Secundariamente, as relações aniônicas características das águas subterrâneas são do tipo $rCl > rSO_4 > rHCO_3$ para 22,2% dos poços, com relações catiônicas dos tipos $rNa > rMg > rCa$ (11,1%) e $rNa > rCa > rMg$ (11,1%). Por fim, em menor expressividade, ocorre a relação aniônica do tipo $rHCO_3 > rCl > rSO_4$, com os cátions obedecendo a seguinte ordem: $rNa > rMg > rCa$ em 11,1% dos poços tubulares estudados. Com esses dados, foi possível identificar três fácies hidroquímicas na região, expressas na tabela a seguir.

Tabela 07 - Relações iônicas características (em meq L⁻¹)

Fácies hidroquímicas	Ânions	Cátions	Poços tubulares	%	%
1	$rCl > HCO_3 > SO_4$	$rNa > Mg > Ca$	5	55,58	66,7
		$rNa > Ca > Mg$	1	11,12	
2	$rCl > SO_4 > HCO_3$	$rNa > Mg > Ca$	1	11,1	22,2
		$rNa > Ca > Mg$	1	11,1	
3	$rHCO_3 > Cl > SO_4$	$rNa > Mg > Ca$	1	11,1	11,1
Total			9	100	100

Elaboração: BORGES, 2015.

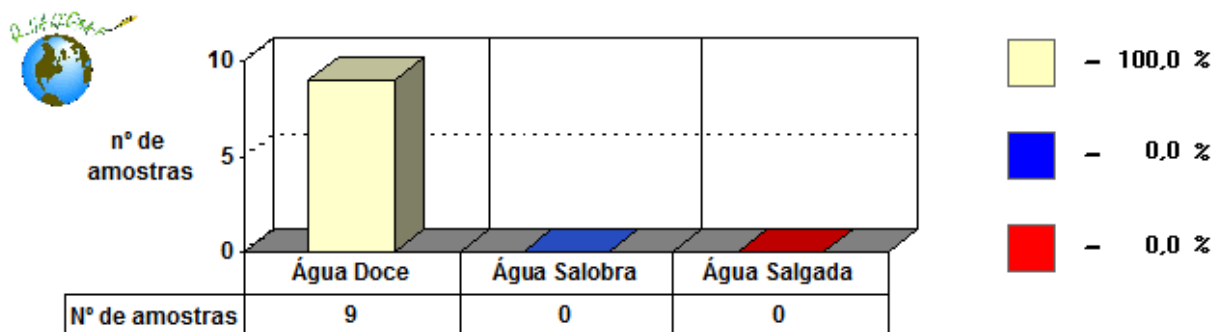
Os sólidos totais dissolvidos (STD) correspondem ao peso total dos constituintes minerais presentes na água (SANTOS, 2000), ou seja, equivale a concentração de todos os componentes, voláteis e não voláteis, dissolvidos na água. A classificação da salinidade da água é realizada a partir destes parâmetros, se enquadrando em três classes: água doce, salgada ou salobra cujo fator determinante é a relação entre os integrantes totais da água e a quantidade de minerais presentes na mesma por unidade de volume. Segundo a resolução 357 do ano de 2005 do Conselho Nacional De Meio Ambiente (CONAMA) são consideradas águas doces àquelas que apresentam salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰ (500 mg.L⁻¹); salobras com salinidade superior a 0,5‰ (500 mg.L⁻¹) e inferior a 30‰ (3000 mg.L⁻¹); e salinas com salinidade igual ou superior a 30‰ (3000 mg.L⁻¹).

A estimativa de STD na maioria das águas naturais é calculada de maneira aceitável pela multiplicação de um fator, que varia entre 0,55 (para águas ácidas) e 0,75 (para águas salinas), pela condutividade elétrica. O *software* Qualigraf (FUNCEME, 2009), apresenta um fator de

multiplicação de valor 0,65 interpretado como satisfatório para água de salinidade intermediária a temperatura de 18°C.

As águas subterrâneas das 09 (nove) amostras avaliadas foram classificadas como doce (Figura 30).

Figura 30 - Classificação da salinidade das águas subterrâneas no município de Catu



5.3.2 Qualidade das águas subterrâneas para consumo humano

Para determinar a qualidade das águas subterrâneas foram selecionados 27 poços tubulares perfurados no município de Catu. Na tabela 08 (oito) a seguir podem ser observados os valores máximos permitidos (VMP) dos seguintes parâmetros analisados: cloreto, fluoreto, ferro, sódio, sólidos totais dissolvidos, sulfato, turbidez, dureza e nitrato. O padrão de referência utilizado para enquadramento foi a Portaria número 2914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

Foram comparados os Valores Máximos Permitidos (VMP) estabelecidos pela portaria supracitada, com os valores obtidos pelas análises da água da região. Dos 27 poços avaliados, 12 (44,44%) apresentavam pelo menos um parâmetro com o valor acima do recomendado pela portaria. Pode-se observar que 33,33% das amostras possuem valor de ferro acima do padrão estipulado. Além deste, outros 4 (quatro) parâmetros analisados apresentaram teores acima do limite legislado, são eles: cloreto (7,4% das 27 amostras), sólidos totais dissolvidos (7,4%), turbidez (18,5%) e dureza (3,7%).

Todos os outros parâmetros analisados apresentam valores normais de potabilidade segundo os padrões de qualidade utilizados, não contribuindo para a contaminação da água.

Tabela 08 - Resultados analíticos das águas subterrâneas no município de Catu

Parâmetro		Cl	F	Fe	Na	STD	SO ₄	Tur	Dur	NO ₃
VMP pela Portaria 2.914/11		250 mg/L	1,5 mg/L	0,3 mg/L	200 mg/L	1.000 mg/L	250 mg/L	5,0 uT	500 mg/L	10 mg/L
Nº dos poços nos mapas	Nº dos poços CERB									
01	1_1050	112,5	0	5,35	-	502	-	100	74	-
	3_6221	21,00	0,05	0,03	12,00	57,00	8,65	1,34	19,50	2,35
	3_5845	23,50	-	-	-	100,00	-	1,25	16,30	2,90
02	2_2456	22,20	-	1,03	16,00	58,00	3,25	2,71	13,90	1,69
03	2_2111	64,30	0,06	0,37	33,00	264	11,80	4,75	159,00	-
	3_6171	48,50	0,23	0,86	17,00	137,00	3,13	4,91	61,20	0,29
04	1_510	36	0,02	1,22	-	128	-	13	28	1,625
05	1_800	53,94	-	9	-	244	1,4	4	66,82	1,15
	3_3180	37,48	-	2,8	-	116	3	8,5	17,30	1,248
06	1_1628	77,32	0,41	0,02	-	224	32,5	2,5	109,75	-
	3_98	580,0	-	-	-	1.593	-	-	292,0	0,5
07	3_6148	27,20	-	0,14	19,00	80,00	3,57	7,47	17,90	3,19
08	1_413	73,5	0,16	0,12	-	152	-	3,4	36	-
09	2_2114	14,50	-	-	20,00	52,00	1,48	4,34	15,00	2,20
10	1_806	18	0	0,01	-	94	-	2	9	-
11	2_2960	54,20	0,010	0,05	37,20	169,00	8,59	-	51,70	4,40
12	2_2491	36,00	0,06	-	-	92,00	-	0,73	21,30	2,10
13	1_1673	42,23	0,09	0	-	352	67,5	0,6	107,66	-
14	-	13,60	-	0,37	11,50	69,00	1,40	2,90	13,00	1,00
15	2_2392	14,60	-	-	15,00	52,00	5,80	4,62	19,90	2,39
16	3_6429	14,90	0,17	-	10,00	70,00	2,24	0,12	12,00	3,40
17	3_5895	51,40	-	0,08	40,00	158,00	8,84	1,30	14,00	3,08
18	1_1694	44,22	0,16	0,00	-	264,00	6,80	1,50	93,57	-
	3_97	1.050,00	-	0,12	-	2.580,00	-	52,00	555,00	-
19	1_1764	41,53	0,17	0	-	210	27,5	1,9	76,69	-
20	1_8777	66,00	0,18	-	20,00	206,00	2,17	1,14	68,70	0,30
21	2_2480	65,30	0,15	1,73	-	216,00	3,50	6,70	108,00	-

Nota: Os valores destacados de vermelho indicam que estão acima do permitido pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde. Tur: turbidez; STD: sólidos totais dissolvidos; Dur: dureza.

Fonte: CERB, 2015.

Elaboração: BORGES, P. G. (2015).

As águas dos poços 3_98 e 3_97 nas localizações Escola Agrotécnica e Sede I respectivamente, apresentam salinidade elevada em função dos valores de cloreto e dureza. Os teores de cloretos ultrapassam o VMP (580 e 1.050 mg.L⁻¹ respectivamente), caracterizando como impróprias para o consumo humano. São também classificadas como águas muito duras, com respectivas durezas apresentando valores maiores que 200 mg.L⁻¹, porém apenas as águas do poço Sede I ultrapassou o VMP para consumo humano para este parâmetro.

A salinidade pode estar associada à dureza de Ca^{++} e Mg^{++} através da associação destes íons com carbonatos e bicarbonatos que podem estar presentes na composição litológica da Formação São Sebastião.

5.3.3 Qualidade das águas subterrâneas para irrigação

Para realizar a avaliação da qualidade da água para irrigação foi utilizado o diagrama de Lemoine (1974) do United State Salinity Laboratory (USSL). Este método se baseia na razão de absorção do sódio (SAR) como indicador de salinização do solo, ou seja, indica a porcentagem de sódio contido na água que pode ser adsorvida pelo solo e é calculada segundo a expressão a seguir (Figura 31).

Figura 31 - Fórmula para cálculo da razão de absorção de sódio (SAR), segundo o USSL

$$\text{SAR} = \frac{\text{rNa}^+}{\sqrt{\frac{\text{r}(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})}{2}}}$$

A classificação da água para irrigação segundo o U.S. Salinity Laboratory (USSL, 1954), indica que existe uma predominância das classes **C₁-S₁** (44,44%), que indica baixo risco de sódio e baixo risco de salinidade, seguido pelas classes **C₂-S₁** (33,33%) com baixo risco de sódio e médio risco de salinidade e **C₀-S₁** (22,22%) que evidencia baixo risco de sódio e nulo risco de salinidade (Tabela 09 e Figura 32).

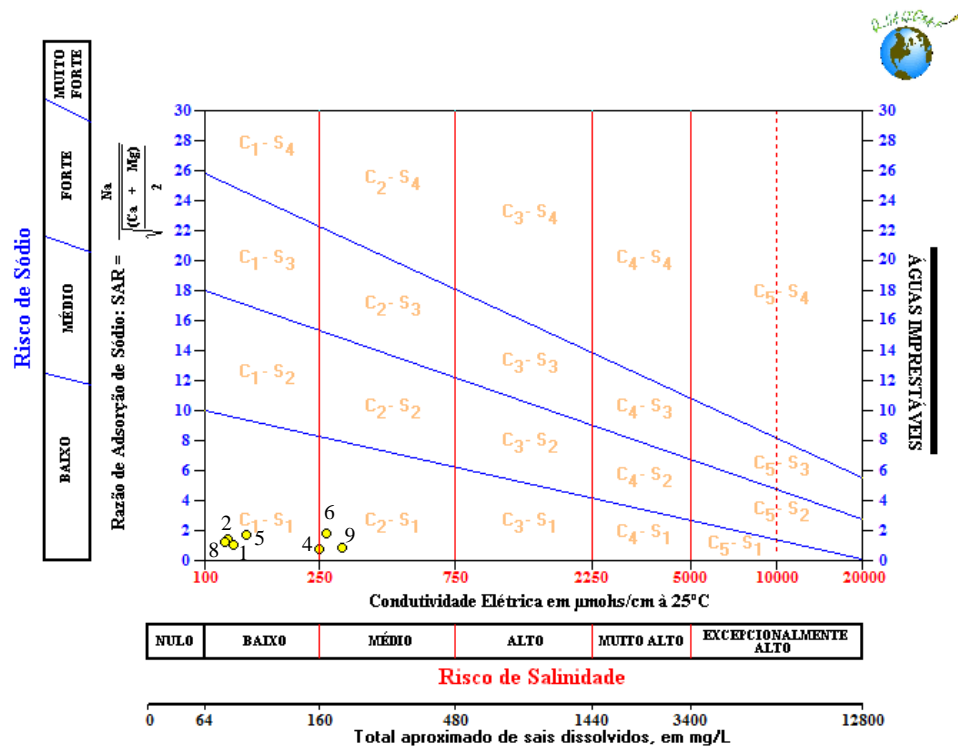
Tabela 09 - Classificação, segundo o U. S. Salinity Laboratory

Classificação	Nº de amostras	%	Usos
C ₁ -S ₁	04	44,44	Águas com muito pouca probabilidade que se desenvolva salinidade. Pode ser usada para irrigação na maioria dos solos com pouca probabilidade de alcançar níveis perigosos de sódio.
C ₂ -S ₁	03	33,33	Águas com salinidade média. Plantas com tolerância moderada aos sais podem ser cultivadas, na maioria dos casos, sem a necessidade de controle da salinidade.
C ₀ -S ₁	02	22,22	Águas com risco de salinidade nula. Pode ser usada para irrigação na maioria dos solos com pouca probabilidade de alcançar níveis perigosos de sódio.
Total	09	100	

Fonte: Adaptado de ALMEIDA, 2010.

De maneira geral, as águas subterrâneas de Catu possuem baixos teores de sódio e baixo a médio risco de salinidade, podendo ser utilizada para irrigar a maioria das culturas e solos.

Figura 32 - Classificação das águas subterrâneas de Catu para agricultura (USSL)



5.3.4 Qualidade da água subterrânea para fabricação de cerveja e bebidas e suco de frutas

Os padrões de qualidade da água para uso industrial são complexos, e variam a depender do tipo de produção para qual a água é destinada (SANTOS, 2000). Para a avaliação da qualidade das águas subterrâneas do município de Catu, visando sua utilização para a fabricação de cervejas, bebidas e suco de frutas foram utilizados os critérios de qualidade propostos por Mathess, 1982; Szikszay, 1993; e Driscoll, 1986 (SANTOS, 2000). A escolha da realização desta análise deu-se devido ao potencial dos aquíferos da Bacia Sedimentar do Recôncavo de gerar abastecimento para estes tipos de empreendimentos. Fábricas de bebidas já operam em Alagoinhas, município vizinho a Catu, demonstrando o potencial na região.

Figura 33 - Critério de qualidade da água para indústrias

Parâmetro	Unid.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH	-	-	-	7,5	-	6,5-7	-	8	-	-
Dureza	mg/L de CaCO ₃	50	180	50-80	30-100	50-75	25	50	50	100
Alcalinidade	mg/L de CaCO ₃	-	-	80-150	-	-	128	135	-	-
Cálcio	mg/L Ca	-	-	500	20	200	-	-	10	-
Cloretos	mg/L Cl	-	30	-	20	100	250	-	100	75
Ferro	mg/L Fe	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,25	0,10
Manganês	mg/L Mn	0,5	0,1	0,2	-	0,1	0,2	0,2	0,25	0,05
R.S.	mg/L	-	500	850	-	1000	850	-	-	200
Nitrato	mg/L N	-	30	15	-	10	-	-	-	-
Amônia	mg/L NH ₃	-	traços	0,5	-	-	-	-	-	-
Sulfatos	mg/L SO ₄	-	60	-	20	-	250	-	100	-
Fluoretos	mg/L F	-	-	1,0	-	1,0	1,0	-	-	-
Magnésio	mg/L Mg	-	-	-	10	30	-	-	-	-
Notas:										
1 - Águas de Refrigeração				6 - Ind. de bebidas e Suco de Frutas						
2 - Ind. de Laticínios				7 - Curtume						
3 - Ind. de Conservas Alimentícias				8 - Ind. Têxtil						
4 - Ind. Açucareira				9 - Ind. de Papel						
5 - Cervejaria										

Fonte: SANTOS, 2000.

De maneira geral, as águas subterrâneas de Catu possuem baixa qualidade para a produção de cerveja, bebidas e suco de frutas. Dos 27 poços analisados, 9 (33,33%) apresentaram conformidade com os critérios estabelecidos para todos os parâmetros analisados. Para a fabricação de cerveja, apenas 1 (um) poço atende aos critérios estabelecidos (Tabela 10).

Tabela 10 - Avaliação da qualidade das águas subterrâneas de Catu para a produção industrial

Parâmetro	Cl	F	Fe	pH	STD	SO ₄	Alcal.	Dur	NO ₃	Ca	Mg	Bom para Cervejaria	Bom para bebidas e sucos de frutas
Cervejaria	100	1,0	0,1	6,5 - 7	1000	-	-	50-75	10	200	30		
Bebidas e sucos de Frutas	250	1,0	0,2	-	850	250	128	25	-	-	-		
Nº dos poços nos mapas	Nº dos poços CERB												
01	1_1050	112,5 ¹	0	5,35 ^{1 2}	7	502	-	31,5	74 ²	-	-	4,00	
	3_6221	21,00	0,05	0,03	6,19 ¹	57,00	8,65	3,98	19,50 ¹	2,35	2,99	3,50	X
	3_5845	23,50	-	-	5,18 ¹	100,00	-	3,20	16,30 ¹	2,90	1,90	1,93	X
02	2_2456	22,20	-	1,03 ^{1 2}	6,35 ¹	58,00	3,25	14,90	13,90 ¹	1,69	5,97	16,00	
03	2_2111	64,30	0,06	0,37 ^{1 2}	7,33 ¹	264	11,80	156,00 ²	159,00 ^{1 2}	-	11,00	10,70	
	3_6171	48,50	0,23	0,86 ^{1 2}	7,32 ¹	137,00	3,13	38,00	61,20 ²	0,29	17,00	-	
04	1_510	36	0,02	1,22 ^{1 2}	5,81 ¹	128	-	28	28 ¹	1,625	-	4,89	
05	1_800	53,94	-	9 ^{1 2}	8,3 ¹	244	1,4	47,56	66,82 ²	1,15	46,77	3,84	
	3_3180	37,48	-	2,8 ^{1 2}	5,82 ¹	116	3	4,75	17,30 ¹	1,248	1,57	57,87 ¹	
06	1_1628	77,32	0,41	0,02	8,5 ¹	224	32,5	22,43	109,75 ^{1 2}	-	51,88	-	
	3_98	580,0 ^{1 2}	-	-		1.593 ^{1 2}	-		292,0 ^{1 2}	0,5	-	3,38	
07	3_6148	27,20	-	0,14	6,21 ¹	80,00	3,57	7,44	17,90 ¹	3,19	3,98	-	X
08	1_413	73,5	0,16	0,12	6,2 ¹	152	-	16	36 ^{1 2}	-	-	3,15	
09	2_2114	14,50	-	-	9,23 ¹	52,00	1,48	19,90	15,00 ¹	2,20	-	-	X
10	1_806	18	0	0,01	6,5	94	-	13	9 ¹	-	-	7,70	X
11	2_2960	54,20	0,010	0,05	6,87	169,00	8,59	10,20	51,70 ²	4,40	20,00	4,00	X
12	2_2491	36,00	0,06	-	5,94 ¹	92,00	-	15,80	21,30 ¹	2,10	4,80	51,82 ¹	X
13	1_1673	42,23	0,09	0	9,2 ¹	352	67,5	188,44 ²	107,66 ^{1 2}	-	56,34	2,90	
14	-	13,60	-	0,37 ^{1 2}	7,50 ¹	69,00	1,40	8,00	13,00 ¹	1,00	1,409	3,63	
15	2_2392	14,60	-	-	7,10 ¹	52,00	5,80	20,20	19,90 ¹	2,39	4,98	2,43	X
16	3_6429	14,90	0,17	-	6,28 ¹	70,00	2,24	-	12,00 ¹	3,40	-	3,15	X
17	3_5895	51,40	-	0,08	5,87 ¹	158,00	8,84	21,90	14,00 ¹	3,08	-	37,23	X
18	1_1694	44,22	0,16	0,00	5,50 ¹	264,00	6,80	110,73	93,57 ^{1 2}	-	56,34	-	
	3_97	1.050,00 ^{1 2}	-	0,12	7,40 ¹	2.580,00 ^{1 2}	-		555,00 ^{1 2}	-	-	27,63	
19	1_1764	41,53	0,17	0	8,3 ¹	210	27,5	80,05	76,69 ^{1 2}	-	49,06	12,30	
20	1_8777	66,00	0,18	-	6,35 ¹	206,00	2,17	37,80	68,70 ²	0,30	17,90	19,10	
21	2_2480	65,30	0,15	1,73 ^{1 2}	7,69 ¹	216,00	3,50	68,30	108,00 ^{1 2}	-	29,50	4,00	

Nota: Os valores destacados de vermelho indicam que os parâmetros não estão em conformidade com os critérios estabelecidos. 1 = Cervejaria e 2 = Bebidas e sucos de frutas. **Fonte:** CERB, 2015 e SIAGAS, 2015.

Elaboração: BORGES, P. G. (2015).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, a maioria das águas analisadas, destinadas ao consumo humano estão de acordo com os limites estabelecidos pela Portaria nº 2914/11, do Ministério da Saúde.

Dentre os elementos analisados que apresentaram valores em discordância com os padrões legislados, o ferro destacou-se. Os maiores valores de ferro total foram identificados nos poços das seguintes localidades: Baixa da areia (P-02), Bela Flor (P-03), Bom Viver (P-04), Pinheiro (P-14), Veadinho (P-21), Água Grande (P-01) e Campo Grande (P-05). As elevadas concentrações de ferro nos poços supracitados podem estar relacionadas às composições naturais das rochas presentes nos perfis geológicos destes poços, já que foram encontrados em alguns desses poços arenitos avermelhados e argilas, que são ricos em óxidos e hidróxidos de ferro, e solúveis em meio aquoso.

A caracterização hidroquímica das águas de Catu demonstra um caráter de natureza, predominantemente cloretadas sódicas. As relações aniônicas predominantes nas águas subterrâneas em estudo são do tipo $rCl > rHCO_3 > rSO_4$, secundariamente, são do tipo $rCl > rSO_4 > rHCO_3$, e por fim, em menor expressividade, ocorre a relação aniônica do tipo $rHCO_3 > rCl > rSO_4$.

Após a classificação das águas subterrâneas para irrigação, observou-se de maneira geral, que as mesmas possuem baixos teores de sódio e baixo a médio risco de salinidade, podendo ser utilizadas para irrigar a maioria das culturas e solos. É importante ressaltar que os poços 4, 6 e 9 representados no diagrama de Lemoine (1974), classificados como $C_2 - S_1$, estão sobre argissolos vermelho-amarelo, caracterizados por possuir horizonte B argiloso, que retém sais minerais.

Para a produção de cerveja, bebidas e suco de frutas, de maneira geral, as águas subterrâneas de Catu possuem baixa qualidade.

Os mapas temáticos apresentados nesta pesquisa constituem subsídios importantes para o desenvolvimento de políticas de uso e controle da qualidade das águas subterrâneas. Diante do que foi exposto, acredita-se que a presente pesquisa atingiu os objetivos propostos inicialmente e que seus resultados possibilitaram o estabelecimento de um diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas pesquisadas.

Catu apresenta elevado potencial de recursos hídricos de subsuperfície representado pelos sistemas aquíferos: São Sebastião, Barreiras, Marizal e Grupo Ilhas. Trata-se de reservatórios naturais de suma importância, que devem ser explorados de forma sustentável visando assegurar uma água com qualidade e quantidade para a presente e futuras gerações.

REFERÊNCIAS

ABAS. **Águas subterrâneas, o que são?**. Disponível em: <<http://www.abas.org/educacao.php>>. Acesso em: 06 de set. 2015.

ALMEIDA, O. A. de. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e fruticultura, 2010. 234 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/26783/1/livro-qualidade-agua.pdf>>. Acesso em: 14 de jan. de 2015.

ANA – Agência Nacional de Águas. Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. CONEJO, J. G. L. (Coord. Geral)/COSTA, M. P. da; ZOBY, J. L. G. (Coord. Exe.). Brasília: ANA, 2007. 124 p. : il. (Caderno de Recursos Hídricos, 5).

ATLAS BRASIL. **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), ranking dos municípios da Bahia - 2000 e 2010**. 2013. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/ranking>>. Acesso em: 06 set. 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL Folha SD.24 Salvador. Rio de Janeiro, 1981. v.24 624p. (Levantamento de Recursos Naturais, 24).

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Portaria nº. 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União. Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 12 de dez. de 2014.

CAIXETA, J. M. *et al.* Bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá. **Boletim de Geociências da PETROBRÁS**. Volume 8, n. 1. Rio de Janeiro, 1994. 163-172 p.

CNRH, Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº 15 de 11 de janeiro de 2001**. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2015.pdf>>. Acesso em: 12 de dez. de 2014.

COLLINS, W.D. Graphic Representation of Analyses. Indus. and Eng. Chemistry, V. 15, p.394, 1923.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 12 de dez. de 2014.

_____. **Resolução nº 29, de 07 de dezembro de 1994**. Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento das atividades florestais no Estado de Espírito Santo. Disponível em: <<http://www.idaf.es.gov.br/Download/Legislacao/DRNRE/resolucoes%20conama/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20029-1994%20-%20DEFINI%C3%87%C3%83O%20DA%20VEGETA%C3%87%C3%83O%20PRIM%C3%81RIA%20E%20SECUND%C3%81RIA.pdf>>. Acesso em: 16 de fev. 2015.

CONSELHO DA EUROPA. **Carta Européia da água. 1968**. Disponível em: <http://www.aguasdafigueira.pt/interior_print.php?url=espa%C3%A7o-jovem/direitos-da-%C3%A1gua/carta-europeia-da-agua/&id=208>. Acesso em: 06 jun. 2015.

CUNHA, J. E. M.; NEGRAO, F. I.; SANTOS, P. R. P. Panorama Atual das Águas Subterrâneas no Estado da Bahia. In: Anais do 4º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 1986. 80 – 95 p.

EMBRAPA. **Banco de dados climatológicos do Brasil**. Disponível em: <<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/balanco.php?UF=&COD=12>>. Acesso em: 06 jun. 2015.

FILHO, J. M. Água subterrânea: histórico e importância. In: Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M (Coords.) Fortaleza. CPRM / LABHID – UFPE. 2ª Ed., 2000.

FOSTER, S. **Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes**. Instituto Geológico, São Paulo. 1993.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. Novo dicionário geológico-geomorfológico. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

HIRATA, R. **Recursos Hídricos**. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.) **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 568 p.

IBGE. **Dados populacionais do município de Catu - 2010**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=290750&search=bahia|catu|infograficos:-informacoes-completas>>. Acesso em: 06 set. 2014.

_____. **Produto Interno Bruto do município de Catu - 2012**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=290750&idtema=134&search=bahia|catu|produto-interno-bruto-dos-municipios-2012>>. Acesso em: 06 set. 2014.

_____. **Valor adicionado do município de Catu - 2012**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=290750&idtema=134&search=bahia|catu|produto-interno-bruto-dos-municipios-2012>>. Acesso em: 06 set. 2014.

_____. **Produção agrícola municipal - 2013**. 2014. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=290750&idtema=134&search=bahia|catu|produto-interno-bruto-dos-municipios-2012>>. Acesso em: 09 set. 2014.

_____. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Folha SD. 24 Salvador: potencial dos recursos hídricos. Rio de Janeiro, 1999. 236 p.

INSTITUTO DE URBANISMO E ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Plano de Ação Municipal: Catu**. Salvador: IURAM, 1974. il.; tabs.

LEAL, A.S. **As águas subterrâneas no Brasil**. Ocorrências, disponibilidades e usos. O Estado das Águas no Brasil. Brasília: ANEEL, 1999. CD-ROM. (Série Estudos e Informações Hidrológicas e Energéticas, ÁGUA).

LOGAN, J. **Interpretação de análises químicas de água**. Recife: [U.S. Agency for International Development], 1965. 67 p.

MENDES, B.; OLIVEIRA, J. F. S. **Qualidade da Água para Consumo Humano**. Lisboa: Lidel, Edições Técnicas Ltda., 2004, 626p.

NASCIMENTO, S. A. M.; MORAES, L. R. S.; Reis, M. G. de C.; SANTANA, A. V. A. Estudo quali-quantitativo das águas subterrâneas no município de Alagoinhas-Bahia como componente do plano municipal de saneamento ambiental. In: XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2006, Curitiba. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas - livro de resumos, 2006.

NUNES, F.C.; SILVA, E. F. da; BOAS, G. S. V. Grupo Barreiras: características, gêneses e evidências de neotectonismo. In: **Boletim de Pesquisas e Desenvolvimento**. Volume, 194. – Dados eletrônicos. – Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2011. Disponível em <<http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes>>. Acesso em: 15 de dez. 2014.

PHILIPPI, A. J; PELICIONI, M. C. F. (Ed.). **Educação ambiental e sustentabilidade**. Barueri, SP: Manole. 2005. xviii, 878 p.

PIPER, A.M. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. Am. Geophysics Union Trans., V 25, 914 – 923. 1944.

PRESS, F.; GROTZINGER, J.; SIEVER, R.; JORDAN, T. H. **Para Entender a Terra**. Tradução: MENEGAT, R. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 656 p.

REBOUÇAS, A. da Cunha. Água doce no mundo e no Brasil. In: _____; BRAGA, B.; TUNDSI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. In: Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M (Coords.) Fortaleza. CPRM / LABHID – UFPE. 2ª Ed., 2000.

SCHOELLER, H., Geochemic des eaux souterraines. Revue de L'Institute Fançais du Petrole, V 10, 230-244. 1955.

SEI. **Estatísticas dos Municípios Baianos**: território de identidade Litoral Norte e Agreste Baiano. Salvador: Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, 2012.v.4. n.1. 416 p. ISSN 1519-4124.

_____. **Tipologia Climática - Segundo Thornthwaite** (1998). Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/cartogramas/pdf/carto_tip_clim.pdf>. Acesso em: 06 de set. 2014.

SILVA, R. C. A. da. Abrindo mão do direito ao consumo da água tratada: Feira de Santana - BA. **Monografia apresentada ao curso de especialização em Direito Sanitário**. Departamento de Saúde, Universidade Estadual de Feira de Santana, 1999.

STIFF, H.A. Jr., The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. Journal Petroleum Technology, V. 3, No. 10, 15 – 17. 1951.

VIANA, C. F. *et al.* Revisão estratigráfica da bacia recôncavo/Tucano. **Boletim técnico da PETROBRÁS**. Volume 14, n. 3-4. Rio de Janeiro, 1971. 157-192 p.

VILAS BOAS, G. S.; SAMPAIO, F. J.; PEREIRA, A. M. S. The Barreiras Group in the northeastern coast os the State of Bahia, Brazil: depositional mechanisms and process. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, volume 73, n. 3, Rio de Janeiro, 2001.

ZOBY, J. L. G.; MATOS, B. **Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política Nacional de Recursos Hídricos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12. Florianópolis, 2002. Florianópolis: ABAS, 2002. CD-ROM.