

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

MAPEAMENTO DE CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DOS AQUÍFEROS
SUPERFICIAIS AO LONGO DA BR-319 NO TRECHO MANAUS –
HUMAITÁ

Bolsista: Gabriel Luniere Porto, CNPq

MANAUS
2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL

PIB-E/0222/2012

MAPEAMENTO DE CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DOS AQUÍFEROS
SUPERFICIAIS AO LONGO DA BR-319 NO TRECHO MANAUS –
HUMAITÁ

Bolsista: Gabriel Luniere Porto
Orientador: Prof. Dr. Ingo Daniel Wahnfried

MANAUS
2013

Resumo

Na Amazônia predominam, em termos de área, os aquíferos rasos e livres. O nível de água destes aquíferos tem grande sensibilidade ao regime de precipitação, ao gradiente topográfico, à sazonalidade hidrográfica típica da região e, como em todo aquífero, à condutividade hidráulica do meio. A velocidade e intensidade com as quais o nível de água varia influenciam fortemente a distribuição da cobertura vegetal. Este projeto tem como finalidade construir um mapa de distribuição de condutividade hidráulica (K) ao longo da BR-319 no trecho Manaus – Humaitá, servindo como subsídio para estudos de distribuição de flora no âmbito do projeto denominado “Hidrologia e vegetação no interflúvio Purus-Madeira: uma abordagem integrada para o mapeamento de biomassa e recursos florestais” (Hidroveg), desenvolvido em cooperação por INPA e INPE, com financiamento da FAPEAM e FAPESP.

A condutividade hidráulica foi determinada a partir da análise granulométrica de 22 amostras coletadas em 11 módulos de pesquisa do projeto Hidroveg, implantados a cada 60 quilômetros ao longo da BR-319. As análises granulométricas foram realizadas no granulômetro a laser do laboratório de análises minerais (LAMIN) do Serviço Geológico do Brasil (CPRM). A partir destes dados foi calculada a condutividade hidráulica para cada amostra, utilizando o método empírico de Sauerbrei. Os resultados foram distribuídos em um mapa em função dos seus locais de coleta, e correções foram feitas em função da geologia, obtida tanto na literatura quanto através da descrição de amostras coletadas nos locais onde instalados os piezômetros pelo projeto Hidroveg. Desta forma foi possível estabelecer, em alguns pontos, uma leve variação de K ao se aproximar de redes de drenagens e rios entre os módulos M4 e M5, em função das litologias presentes ao longo da BR-319. Mas, em geral, não há mudanças consideráveis ao comparar resultados de amostras de diferentes formações, provavelmente em função da semelhança entre elas.

Palavras chave: hidrogeologia, condutividade hidráulica, granulometria, BR-319

Sumário

1. Introdução	4
2. Objetivos.....	4
3. Localização da Área e Contexto Geológico.....	5
4. Métodos Utilizados.....	7
5. Resultados e discussões	10
6. Discussão e Conclusões	14
7. Cronograma de Atividades realizadas:	15
8. Agradecimentos.....	16
9. Referências Bibliográficas.....	16

1. Introdução

O estudo hidrogeológico de uma região pode ser definido como a caracterização do comportamento e interação da água subterrânea com a unidade geológica que atravessa. Um dos parâmetros hidrogeológicos mais importantes é a facilidade com a qual a água subterrânea flui em um meio geológico, denominada condutividade hidráulica (K). Este parâmetro influencia na amplitude e velocidade de variação do nível freático dos aquíferos rasos que, por sua vez, tem impacto na distribuição da vegetação da cada região, pois quanto maior o valor de K, mais rápido ocorre a infiltração da água. Por outro lado, uma baixa condutividade hidráulica reterá água por mais tempo na zona saturada, gerando uma diminuição mais lenta do nível de água após precipitações, ficando assim por mais tempo disponível na camada, beneficiando as plantas existentes naquela área. Este aspecto de correlação entre hidrologia subterrânea e vegetação é a principal questão que está sendo abordada pelo projeto denominado Hidroveg, coordenado pelo INPA e INPE.

Os mapas hidrogeológico existentes na região do interflúvio Purús-Madeira, entre Manaus (AM) e Porto Velho (RO), são baseados em informações indiretas, como mapas geológicos e poços de terceiros. Além disso, a escala utilizada para estes trabalhos é regional, com pouco detalhamento. Portanto, para relacionar os dados de flora levantados no âmbito do projeto Hidroveg com a condutividade hidráulica saturada do aquífero freático, o presente projeto de PIBIC foi desenvolvido, usando amostras coletadas nos módulos de pesquisa já existentes ao longo da BR-319, e resultando na confecção de um mapa de K. Inicialmente o método utilizado seria o *slug-test*, porém, não foi possível realizar este método pois o acesso a área estudada foi restringido devido às más condições da rodovia, principalmente em épocas chuvosas da Amazônia.

2. Objetivos

Geral:

Elaborar mapa de distribuição da condutividade hidráulica ao longo da BR-319, no trecho Manaus – Humaitá, nos 11 módulos de pesquisa do Projeto Hidroveg.

Específicos:

- Identificar a geologia local;
- Determinar valores de K (condutividade hidráulica) com base nos valores das análises granulométricas das amostras coletadas.

3. Localização da Área e Contexto Geológico

A área de estudo está localizada no interflúvio Purus-Madeira, ao longo da BR-319, entre Manaus e Humaitá (Figura 1). Ao longo desta rodovia foram instalados, no âmbito do projeto Hidroveg, 11 módulos de pesquisa, compostos por duas trilhas, trilha norte (TN) e trilha sul (TS), distantes 1 km entre si. Cada trilha possui cinco parcelas, que são trilhas secundárias de 100 m de extensão, com distância de 1 km entre si, e dispostas perpendicularmente à trilha principal. A primeira parcela está situada a 500m da estrada, seguindo assim a nomenclatura P0500, P1500 etc. No início de cada parcela foi construído um piezômetro..

No Estado do Amazonas estão localizadas parte de duas grandes bacias sedimentares: a Bacia do Amazonas e a Bacia do Solimões, separadas pelo Arco de Purus. Ambas apresentam um extenso pacote sedimentar com diferentes formações geológicas, que se diferem por ambiente, reologia e estruturas presentes. Na região de estudo deste projeto afloram a Formação Içá e depósitos de terraços fluviais, que se estendem ao longo de quase toda área de estudo.

Os terraços fluviais correspondem a amplos depósitos sedimentares constituídos por argila, areia e cascalho, normalmente inconsolidados a semi-consolidados e com dezenas de metros de espessura. Os sedimentos revelam variados ciclos de erosão e deposição ao longo do tempo geológico, modificando o ambiente quanto à sua geomorfologia. A idade desses depósitos corresponde ao período Neógeno, possivelmente Pleistoceno Superior, recobrimdo em descontinuidade os sedimentos miocênicos a pliocênicos da Formação Solimões (CPRM, 2006).

Segundo Maia *et al.* (1977) a Formação Içá é uma sequência psamítica com intercalações de pelitos e conglomerados. Fator que gera, em imagem de radar, um contraste textural que permite delinear seu contato com a Formação Solimões próximo ao arco de Jutai. A seção inferior da Formação Içá é constituída por siltitos e/ou argilitos maciços a finamente laminados, lenticulares, intercalados com arenitos estratificados. A seção superior está representada por arenitos conglomeráticos. Os estratos cruzados acanalados de porte variado são comuns no seu interior.

De acordo com Mota (2008), dados recentes de Silveira (2005) e Vega (2005) na região de Coari (palinologia e ambiente deposicional) confirmam que as duas unidades, Formação Solimões e Içá de fato não fazem parte da mesma seqüência estratigráfica. No que concerne ao seu posicionamento no tempo geológico Daemon & Contreiras (1971) com base no conteúdo fóssilífero, a posicionaram no Cretáceo. No entanto, ao longo da seção tipo da Formação Içá, Santos *et al.* (1974 *apud* Bezerra 2003) e Lourenço *et al.* (1978 *apud*

Bezerra 2003) descrevem restos vegetais carbonificados relacionados ao Pleistoceno. Latrubesse *et al.*, (1994) e Rossetti *et al.* (2005) admitem idade Plio Pleistocênica para a referida formação em função de a mesma discordar sobrepostamente às rochas da Formação Solimões. Estudo palinológico (pólen *Alnus* - biozona *Alnipollenite verus*) realizado na região de Coari atribui idade pleistocênica para o topo da Formação Içá (Silveira 2005).

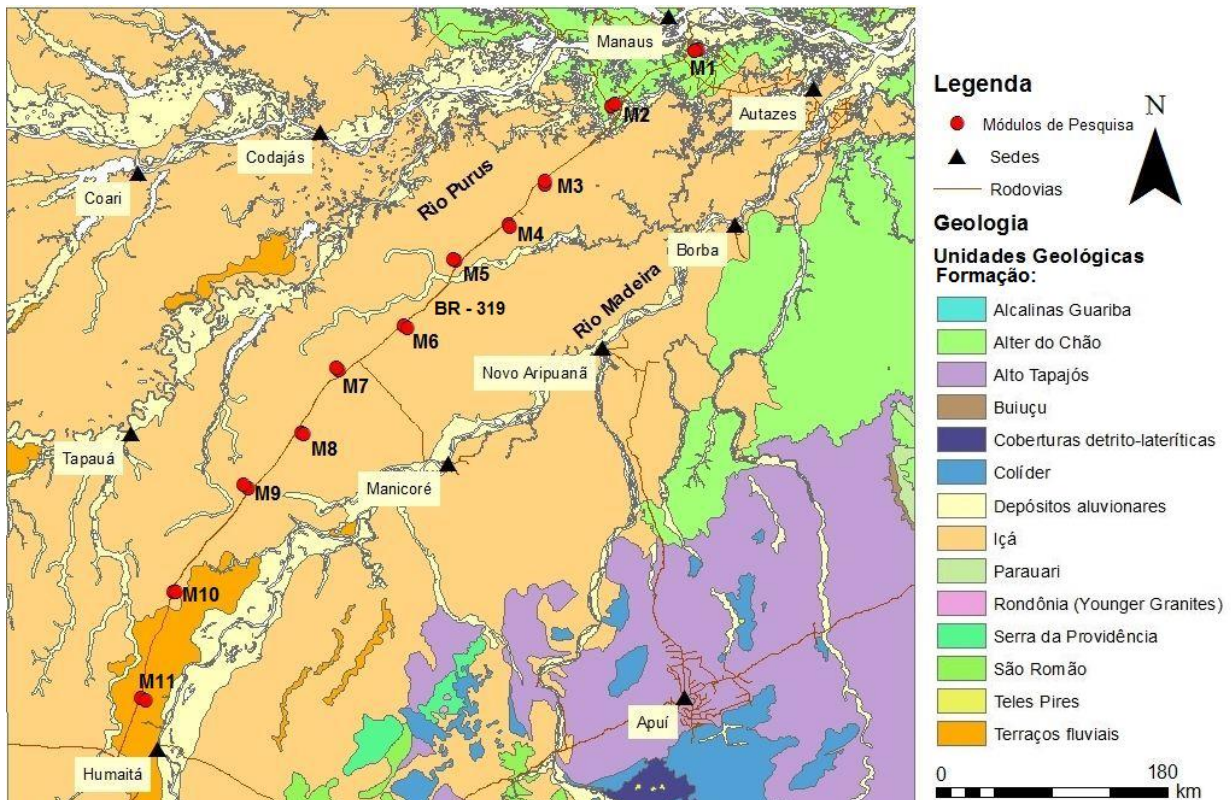


Figura 1: Mapa de localização e geológico da área de estudo. Os pontos vermelhos indicam a localização dos 11 módulos de pesquisa implantados pelo Projeto Hidroveg. Modificado CPRM, 2006.

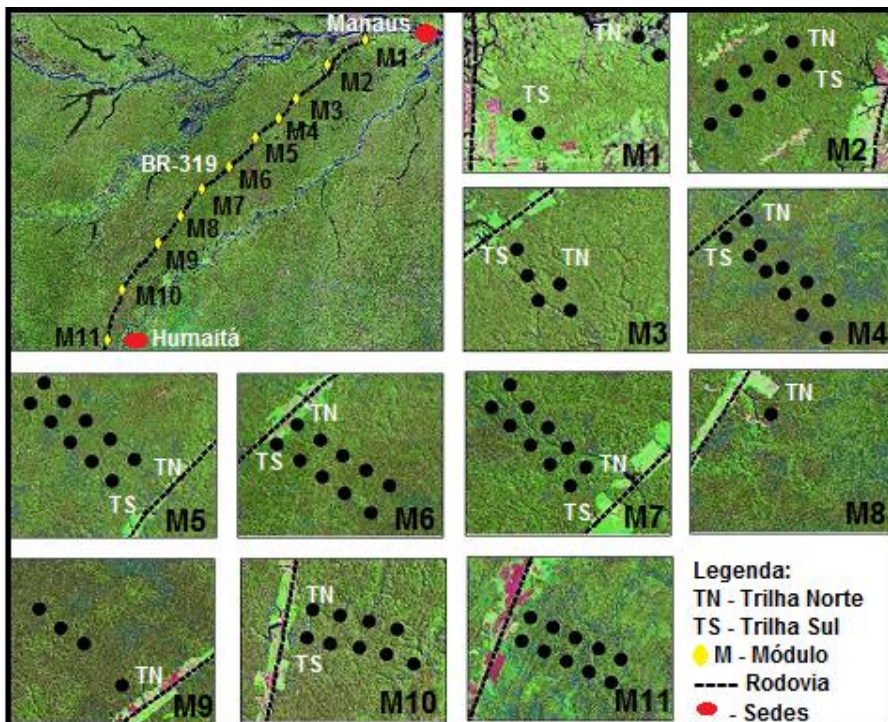


Figura 2: Mapa de posicionamento dos módulos e suas parcelas, com trilhas a norte e a sul, no trecho Manaus – Humaitá, ao longo da BR-319.

4. Métodos Utilizados

O projeto proposto utilizar a seguinte metodologia para obter os objetivos:

a) Pesquisa Bibliográfica: A pesquisa bibliográfica envolve o levantamento de estudos prévios feitos sobre as formações geológicas que afloram na região de interesse, sobre os temas geologia e hidrogeologia.

b) Coleta de amostra de rochas e solo, deformadas e indeformadas, da região a ser estudada: As amostras coletadas são procedentes de toda extensão da área em estudo, onde foram coletadas em diferentes profundidades ao longo de cada piezômetro, durante a seção. Uma parte das amostras já foi coletada no âmbito do projeto Hidroveg. Portanto, este PIBIC apenas ajudou a complementar a coleta, foram coletadas, no total, 110 amostras de todas as profundidades (50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600 e 700cm) em todos os módulos, já as amostras selecionadas para as análises deste PIBIC totalizaram 22 amostras referentes as maiores profundidades, no intervalo de 500 – 700 cm, sendo 2 amostras de diferentes piezômetros em cada módulo.

c) Determinação da granulometria de amostras deformadas em laboratório: Foi realizada a caracterização granulométrica de 22 amostras previamente selecionadas, por meio de um aparelho Analisador do Tamanho de Partículas Malvern Mastersizer 3000, pertencente ao Laboratório de Análises Mineralógicas (LAMIN) no CPRM - Manaus. Foram separados os intervalos granulométricos que correspondem aos limites de areia (0,063 a 1mm), silte (0,002-0,063) e argila (>0,002mm), definindo o percentual de cada faixa

granulométrica das amostras analisadas com relação ao tamanho de cada grão contido na amostra. Seguindo os procedimentos estabelecidos para as análises no granulômetro:

- TRIAGEM DAS AMOSTRAS: Foi necessário selecionar as amostras que seriam analisadas em função da disponibilidade do laboratório da CPRM. Foram escolhidas duas amostras de cada um dos 11 módulos de pesquisa do Hidroveg. As amostras selecionadas seguiram um padrão, onde foram priorizadas amostras de maiores profundidades e que possuísem uma melhor uniformidade com o restante das amostras do perfil do poço, sendo retirado um valor de 100g de cada amostra.

- PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS: Conforme as orientações dos técnicos de laboratório do CPRM e seguindo uma norma de preparação das amostras para utilizá-las no granulômetro, as amostras foram peneiradas em uma peneira de diâmetro de 1mm, a parte das amostras passantes foram transferidos para um becker e em seguida foi utilizada uma solução defloculante (dispersante) de Pirofosfato de Sódio ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), em uma concentração de 100 g/L de água, para dispersar as frações de argila e silte que poderiam estar juntas com os grãos de areia da amostra.

- DESCRIÇÃO DO MÉTODO: O procedimento foi realizado no granulômetro à laser Mastersizer 3000 do LAMIN – CPRM, onde realizou-se as análises cinco vezes com intervalo de 5 segundos para cada amostra, resultando da média das cinco análises, uma tabela com os percentuais de cada intervalo de diâmetro para a proporção de 100% da amostra analisada e gerando um gráfico com a curva média das cinco análises da cada amostra (diâmetro vs volume %).

Conforme as informações disponíveis no site da fabricante Malvern o aparelho Mastersizer 3000 utiliza a técnica de difração a laser para medir o tamanho das partículas. Ele faz isso através da medição da intensidade da luz difundida como um feixe de laser passa através de uma amostra de partículas dispersas. Estes dados são então analisados para calcular o tamanho das partículas criadas que o padrão de dispersão. O aparelho constituído pela bancada óptica, unidade de dispersão e juntamente com o software, realiza três ou mais análises num intervalo de 5 segundos cada, retirando uma média destas análises para chegar a um resultado final da análise granulométrica para cada amostra desejada.

d) Cálculo da condutividade hidráulica (K) a partir de dados granulométricos:

Existem variadas formas de interpretação e conversão dos dados granulométricos para valor de K. Cada método foi desenvolvido para um tipo específico de sedimento, em função de granulometria máxima ou mínima e grau de seleção, especificamente para cada tipo de amostra, em forma de fórmulas matemáticas que relacionam diâmetro das partículas, litologia, porosidade e temperatura ambiente das amostras em análise. A maioria dos

métodos é adequado para analisar sedimentos predominantemente arenosos, com pequena diferença entre a proporção ao de sedimentos finos e grossos. No caso das amostras analisadas, há predomínio de silte. Neste caso, o método mais adequado é o de Sauerbrei, cujo pré-requisito é que o diâmetro dos grãos não ultrapassem 0,5 mm. Todas as 22 amostras que foram analisadas se encaixaram neste requisito. A fórmula de Sauerbrei para o cálculo de K é (equação 1), KASENOW, 1992:

$$K = 3.49 \left(\frac{n^3}{(1-n)^2} \right) T \cdot (d_{17})^2 \text{ (Equação 1)}$$

Onde:

K = Condutividade Hidráulica (m/dia).

n = Porosidade total (%).

T = Correção da temperatura.

D₁₇ = Valor na curva granulométrica em 17%.

A porosidade total (n) foi encontrada por meio de uma media das microporosidades, de acordo com um trabalho realizado pela Embrapa no município de Iranduba-AM.

O valor da correção da temperatura media anual da região (T) é obtido na Tabela 8.1 – Corrections For Temperature, KASENOW, M., 1992.

O valor de d₁₇ foi retirado da curva granulométrica resultante das análises feitas no granulômetro referente a cada amostra, como mostra o gráfico 2 .

e) Elaboração do mapa de condutividade hidráulica (K):

Foi realizada com base nos resultados granulométricos e com os devidos cálculos para determinação de K. Utilizou-se o software Surfer 8.0 para a confecção do mapa com base nos dados de K.

De acordo com Landin (2000) o método de krigagem é o mais indicado para se obter uma maior confiabilidade dos dados e uma melhor representação de suas curvas, pois apresenta mais suavidade.

5. Resultados e discussões

5.1 Granulometria

Utilizando os limites entre as frações granulométricas argila (<0,002 mm), silte (de 0,002 a 0,063 mm) e areia (0,063 a 1 mm), foram estabelecidas as porcentagens, em peso, da cada fração. Os resultados são apresentados na Figura 3:

Piezômetro	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Profundidade (cm)
M1_TS_2500	21	73,7	5,3	700
M1_TS_4500	8	63,5	28,5	600
M2_T1_0500	13	65,7	21,3	600
M2_T1_3500	15,6	78	6,4	600
M3_TN_1500	18	81,5	0,5	600
M3_TS_3500	15,5	69,5	15	700
M4_TN_1500	16,4	83,6	0	700
M4_TS_3500	11	66,5	22,5	600
M5_TN_1500	9,3	84	6,7	700
M5_TN_2500	8	40,5	51,5	500
M6_TN_0500	9,3	54,7	36	700
M6_TN_3500	26,5	72,5	1	700
M7_TS_2500	12,7	77	10,3	600
M7_TS_4500	9,2	75,5	15,3	600
M8_TN_1500	8	60,4	31,6	700
M8_TN_3500	7,8	55,2	37	600
M9_TN_0500	11,6	73,4	15	700
M9_TS_3500	11,4	86,6	2	700
M10_TS_1500	14,5	78,3	7,2	700
M10_TS_3500	11,8	71,8	16,4	700
M11_TN_0500	13,8	83,7	2,5	700
M11_TN_4500	8,9	60,7	30,4	700
Média	12,8	70,7	16,5	

Legenda:
Formações Geológicas:
Alter-do-Chão
Iça
Terraços Fluviais

Figura 3: Resultados granulométricos das amostras de cada poço e a formação geológica de cada uma.

Para permitir uma visualização espacial da distribuição da granulometria ao longo da BR-319, foi feito um gráfico mostrando a variação das litologias encontradas nas amostras analisadas (figura 2). Nele se pode observar maior teor de argila nos módulos M1 e M6, e maior teor de areia entre o M4 e M5.

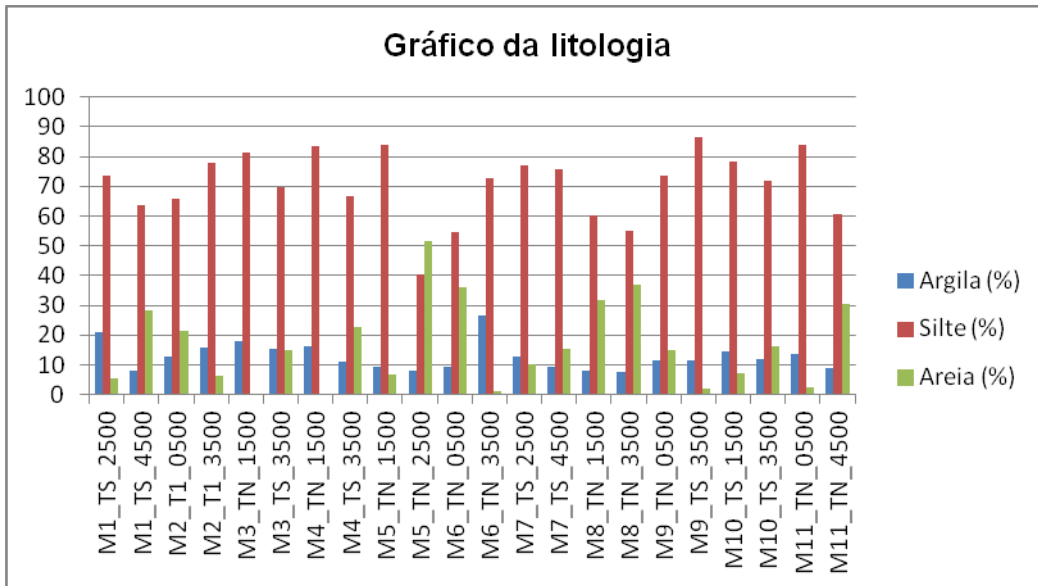


Figura 4: Porcentagem de argila, silte e areia das amostras em cada piezômetro.

5.2 Condutividades hidráulicas (K)

O cálculo de K foi realizado através da fórmula empírica de Sauerbrei, por meio da equação 1. O K será encontrado em metros/dia.

$$K = 3.49 \left(\frac{n^3}{(1-n)^2} \right) \tau \cdot (d_{17})^2 \text{ (Equação 1)}$$

Curva Granulométrica

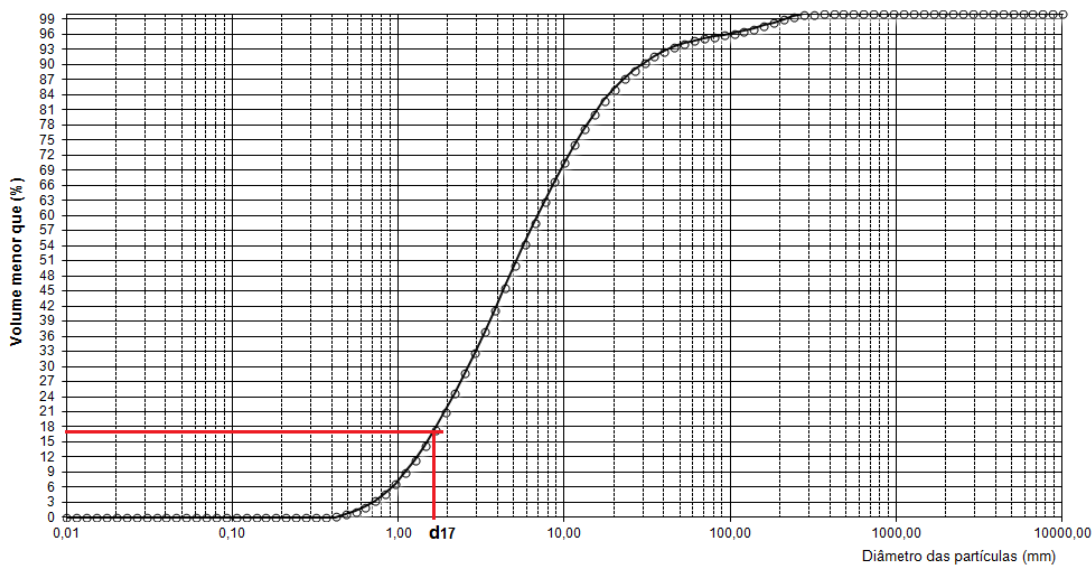


Figura 5: Curva granulométrica resultante da análises realizadas no LAMIN-CPRM.

Realizando os cálculos de K obteve-se uma variação não uniforme das amostras analisadas, conforme a figura 6.

Piezômetros	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Valor de k
M01_TS_4500	21	73,7	5,3	1,17E-01
M01_TS_2500	8	63,5	28,5	5,53E-02
M02_TN_0500	13	65,7	21,3	7,66E-02
M02_TN_3500	15,6	78	6,4	6,66E-02
M03_TS_3500	18	81,5	0,5	6,99E-02
M03_TN_1500	15,5	69,5	15	5,99E-02
M04_TN_1500	16,4	83,6	0	6,99E-02
M04_TS_3500	11	66,5	22,5	9,02E-02
M05_TN_1500	9,3	84	6,7	1,03E-01
M05_TN_2500	8	40,5	51,5	1,45E-01
M06_TN_0500	9,3	54,7	36	1,10E-01
M06_TN_3500	26,5	72,5	1	3,99E-02
M07_TS_2500	12,7	77	10,3	8,32E-02
M07_TS_4500	9,2	75,5	15,3	1,05E-01
M08_TN_1500	8	60,4	31,6	1,26E-01
M08_TN_3500	7,8	55,2	37	1,17E-01
M09_TN_0500	11,6	73,4	15	8,82E-02
M09_TS_3500	11,4	86,6	2	8,99E-02
M10_TS_1500	14,5	78,3	7,2	7,16E-02
M10_TS_3500	11,8	71,8	16,4	8,66E-02
M11_TN_0500	13,8	83,7	2,5	7,82E-02
M11_TN_4500	8,9	60,7	30,4	1,20E-01

Figura 6: Valores de K calculados conforme o método de Sauerbrei, KASENOW, 1992. Indicando não possuir valores constantes de condutividade hidráulica (K).

O mapa representando a condutividade hidráulica (figura 6), utiliza as isolinhas para mostrar os valores obtidos de K, utilizando o método da krigagem no software Surfer 8.

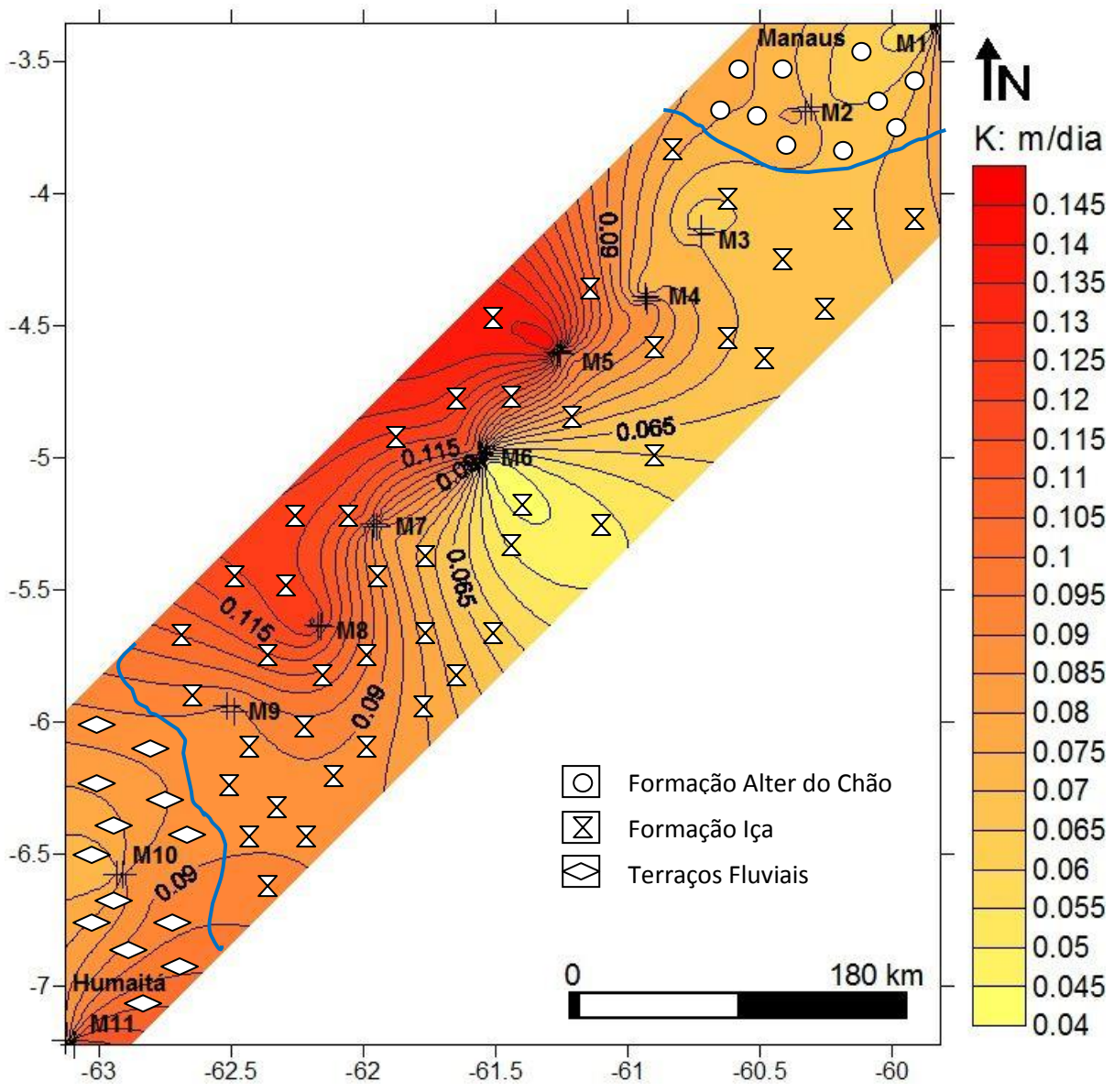


Figura 7: Mapa condutividade hidráulica (K) ao longo da BR-319, trecho Manaus – Humaitá-AM. Representando os valores de K em mapa de isolinhas interpoladas, indicando zonas de diferentes valores de K.

6. Discussão e Conclusões

A partir dos dados obtidos, observamos que não ocorre uma variação ampla de condutividade hidráulica ao longo da BR-319. Pontualmente há valores superiores, quando comparado com o restante dos valores de condutividade hidráulica (K) em m/dia, sendo atribuído à presença de maior teor de areia, que contribui para o aumento do valor de K.

Os dados granulométricos resultaram na caracterização litológica das amostras em três litologias: argila, silte e areia, com suas devidas variações, conforme a figura 3 observa-se uma maior porcentagem de silte em todas as amostras, de 40,5% a 86,6% e em menor proporção a argila, variando de 7,8% a 26,5%, o teor de areia também permaneceu abaixo do silte, com valores entre 0 a 51,5%, sendo a litologia mais variável nas amostras analisadas.

Ao relacionar com a geologia local observa-se que não ocorrem mudanças abruptas ao passar de uma formação geológica para outra. Os resultados obtidos para os módulos M1 e M2, que se encontram na Formação Alter-do-Chão, são semelhantes aos observados nos módulos M3 até o M10, que estão localizados sobre a Formação Içá. Somente entre os módulos M5 e M6 ocorre uma variação significativa, com aumento da proporção de areia, chegando a 51,5% do total. Como esta alteração somente foi observada nestes módulos, foi interpretada como uma variação local, com valores de k igual a . Interpreta-se, então, como sendo parâmetros que não se modificam consideravelmente entre estas duas formações geológicas, podendo ser atribuída à variação de litologia destas. Já entre a Formação Içá e os Terraços Fluviais há diferenças sensíveis: a amostra M10_TS_3500, localizada na Formação Içá, e a M11_TN_4500, situada nos Terraços Fluviais, observa-se um aumento na porcentagem de areia neste último, neste caso, pode-se dizer que ocorre uma transição entre as duas formações, aumentando o teor de areia na camada analisada do módulo 11, pertencente aos Terraços Fluviais.

Assim, ainda que sejam descritas, genericamente, como bastante distintas em outros locais, na área da BR-319 não há diferenças marcantes de condutividade hidráulica, e por ser um trabalho de estudos inéditos deste parâmetro hidráulico, torna-se difícil a correlação com outras bibliografias. Estes resultados deixam claro que é fundamental fazer uma avaliação local de parâmetros hidráulicos dos aquíferos, e não simplesmente inferi-los a partir de dados de geologia.

7. Cronograma de Atividades realizadas:

Nº	Descrição	2012					2013						
		Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fer	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
01	Consultas Bibliográficas	X	X	X		X		X		X		X	X
02	Análise dos Métodos		X			X	X		X		X		
03	Reconhecimento dos poços e coleta de parte das amostras				X								
04	Elaboração do Relatório Parcial						X	X					
05	Preparação das amostras								X	X			
06	Realização dos ensaios granulométricos										X	X	
07	Organização dos dados										X	X	
08	Interpretação dos resultados										X	X	
09	Confecção do Mapa												X
10	Elaboração do Relatório Final												X

8. Agradecimentos

Agradeço as pessoas que contribuíram para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa apoiado pelo CNPq com a bolsa cedida, a Universidade Federal do Amazonas pelo programa de iniciação científica. Em especial, agradeço ao Prof. Dr. Ingo D. Wanfried, pela dedicação como orientador deste PIBIC, aos responsáveis do laboratório LAMIN – CPRM, à geóloga Liliane Mafra, Nilda Ferreira, técnicos e ao superintendente do CPRM, Geólogo Marco Antônio Oliveira. Agradeço também aos colegas de minha turma, entre eles, Marcel Silva, Cyntia Beatriz, Regimary entre outros e familiares pelo apoio e contribuições a este projeto PIBIC.

9. Referências Bibliográficas

- BOUWER, H. & RICE, R.C., 1976. *A slug test for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells*, Water Resources Research, 12(3), p.423-428.
- CLEARY, R.W., 1989. *Águas Subterrâneas*, 28p. Disponível no site: <http://www.clean.com.br/cleary.pdf>, acessado em março de 2012.
- CPRM, 2006, Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas. Disponível no site: http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_amazonas.pdf
- KASENOW, M., 1992. Determination of Hydraulic Conductivity from Grain Size Analysis, chapter 8, 55-56 ; 83p.
- FETTER, C.W., 1994. *Applied Hydrogeology*, McMillan., NY, 3rd ed., 691p.
- LANDIN, P.M.B., MONTEIRO, R. C. & CORSI, A. C. Introdução à confecção de mapas pelo software Surfer®. Geomatemática, Texto Didático 8, DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, 2002. Disponível em <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>.
- MAIA, R. G.; GODOY, H. K.; IAMAGUTTI, H. S.; MOURA, P. A.; COSTA, F. S. F.; HOLANDA, M. A.; COSTA, J. A. Projeto Carvão no Alto Solimões. Manaus: Amazonas, 1977, 137p. Relatório Interno.
- Manual do fabricante MALVERN do aparelho Analisador do Tamanho de Partículas Malvern Mastersizer 3000. Disponível no Site: <http://www.malvern.com/LabEng/products/Mastersizer/mastersizer3000/mastersizer3000.htm?gclid=CMPs3qLS7rgCFcFj7AoddxsAzA>.
- MAZIERO, T. A.; CARNEIRO, P. H. & WENDLAND, E.C. 2004. Determinação da condutividade hidráulica de aquífero freático em área urbana do município de São Carlos, SP. XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Mato Grosso.

- MOTTA, M.B. 2008. Proveniência da Formação Içá e de sedimentos do rio Solimões, entre os municípios de Tefé e Manacapuru – Amazonas. Dissertação (Mestrado) - UFAM, Manaus. 36,37p.
- SILVEIRA, R.R. Cronoestratigrafia e Interpretação Paleoambiental dos Depósitos Mioceno da Formação Solimões, região de Coari. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geociências. Universidade Federal do Amazonas, 2005.
- SOARES, E.A.A. 2007. Depósitos pleistocenos da região de confluência dos rios Negro e Solimões, porção oeste da Bacia do Amazonas. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 205 p.