

Investigação Geotécnica para Implantação da ETE Jundiá-Guarapes em Natal - RN

Severo, Ricardo Nascimento Flores

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal - RN,
ricardo.severo@ifrn.edu.br

Pereira, Roberto

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte,
roberto.pereira@ifrn.edu.br.

Freitas Neto, Osvaldo de

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, osvaldocivil@ct.ufrn.br;

Dourado, Karina Cordeiro de Arruda

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Recife – PE,
karina.dourado@reitoria.ifpe.edu.br

RESUMO: Este trabalho é parte do diagnóstico do meio físico dos Estudos de Impacto Ambiental para a implantação da Estação de Tratamento de Esgoto Jundiá-Guarapes, para atender a zona sul e oeste do município do Natal - RN, solicitado pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte. O objetivo principal foi investigar as características mecânicas e hidráulicas dos solos da área onde será implantado a ETE. Foram realizadas investigação de campo e laboratório. Em campo realizaram-se visitas de reconhecimento, levantamento topográfico planialtimétrico, perfuração de três poços para identificar o perfil estratigráfico e instalar piezômetros de máxima tipo Casagrande, três furos de sondagem a trado, três furos de sondagem a percussão (SPT) para identificar a resistência do solo a penetração do amostrador e através de correlações empíricas identificar as características de resistência do solo, ensaio de capacidade de absorção do solo e ensaio de permeabilidade “in situ” para identificar as propriedades hidráulicas do solo. Os ensaios de laboratório de caracterização geotécnica (análise granulométrica com e sem o uso de defloculante, limites de consistência e densidade real dos grãos) foram realizados com amostras amolgadas coletadas durante a sondagem a trado. Concluiu-se que a ETE Jundiá-Guarapes será assentada sobre um perfil geológico-geotécnico de solos da Formação Barreiras compostos por arenitos finos a médios com intercalações sílticas, argilosas e caulínicas, depositados em ambiente aluvial, onde predominam as areias argilosas e areias siltosas. Do ponto de vista geotécnico os solos das camadas iniciais analisadas apresentam uma boa resistência e uma capacidade de suporte que varia de 50 kN/m² a 200 kN/m², típicas de solos da Formação Barreiras. Nas camadas mais profundas a resistência aumenta devido ao efeito do confinamento e das tensões verticais das camadas subjacentes. Os solos das camadas até dois metros de profundidade da ETE Jundiá-Guarapes apresentam uma capacidade de absorção vagarosa, semi-impermeável ou impermeável. A permeabilidade desses solos até a profundidade de 3,0 metros varia de baixa a muito baixa. Essas características de capacidade de absorção e de permeabilidade muito baixas são favoráveis para implantação de um empreendimento como uma ETE considerando o tempo de operação da mesma.

PALAVRAS-CHAVE: Investigação Geotécnica, Formação Barreiras (FB), Estação de Tratamento de Esgotos (ETE).

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho é parte do diagnóstico do meio físico dos Estudos de Impacto Ambiental para a implantação da Estação de Tratamento de Esgoto Jundiai-Guarapes, para atender a Zona sul e oeste do município do Natal - RN, solicitado pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte. O objetivo principal foi investigar as características mecânicas e hidráulicas dos solos da área onde será implantado a ETE.

A instalação da ETE Jundiai-Guarapes na Cidade do Natal se reveste de importância econômica, social e ambiental para o estado do Rio Grande do Norte, pois, a bacia hidrográfica do Rio Potengi onde será instalada a ETE ocupa uma superfície de 4.093 km², correspondendo a cerca de 7,7 % do território estadual.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A Metodologia de trabalho foi desenvolvida através de atividades de campo e de laboratório. Em campo realizaram-se visitas de reconhecimento, levantamento topográfico planialtimétrico, perfuração de três poços perfurados pelo método rotativo para identificar o perfil estratigráfico e instalar piezômetros de máxima tipo Casagrande, três furos de sondagem a trado, três furos de sondagem a percussão (SPT) para identificar a resistência do solo a penetração do amostrador e através de correlações empíricas identificar as características de resistência do solo, ensaio de capacidade de absorção do solo e ensaio de permeabilidade “in situ” para identificar as propriedades hidráulicas do solo.

Os poços perfurados pelo método rotativo tiveram o objetivo de criar condições para captação de água subterrânea para monitoramento da qualidade da água e identificar a profundidade do lençol freático em diferentes épocas do ano. Os serviços foram executados em conformidade com a ABNT (NBR 15495).

Os furos de sondagem a trado foram executados com a utilização de um trado cavadeira, com diâmetro de 4”, de acordo com

as recomendações da ABNT (NBR 9603).

As sondagens a percussão (SPT) foram executadas pelo método de percussão, de acordo com as recomendações da ABNT (NBR 6484). A terminologia adotada na identificação e descrição das amostras obtidas pelas sondagens obedeceu às recomendações da ABNT (NBR 6502 e NBR 7250).

O amostrador padrão utilizado foi do tipo SPT (Standard Penetration Test) com diâmetro interno e externo, respectivamente de 1 3/8” e 2”. O índice de resistência à penetração, definido como sendo o número de golpes necessários para cravar o barrilete amostrador padrão 30 cm no solo. Anotou-se separadamente o número de golpes necessários para cravar, contínua e sucessivamente, cada trecho de 15 cm; e calculou-se a soma dos golpes do 1º e 2º trechos e da soma dos golpes do 2º e 3º trechos, ou seja, dos 30 cm finais.

A metodologia adotada para realização dos ensaios de capacidade de absorção foi a recomendada pela NBR 13969:1997.

A metodologia adotada na realização dos ensaios de permeabilidade “in situ” foi a recomendada no trabalho do Eng. Celso Gontijo de Paula e pelo Boletim 04 Ensaios de Permeabilidade em Solos da ABGE, junho de 1996.

Os ensaios de laboratório de caracterização geotécnica (análise granulométrica com e sem o uso de defloculante, limites de consistência e densidade real dos grãos) foram realizados de acordo com as respectivas normas ABNT no Laboratório de Solos do Campus Natal Central do IFRN em amostras amolgadas coletadas durante a sondagem a trado.

3 ASPECTOS GEOLÓGICOS DA ÁREA DE ESTUDO

A área de implantação da Estação de Tratamento de Esgoto ETE Jundiai-Guarapes localiza-se na margem direita da bacia do rio Potengi, especificamente na Zona Oeste do município de Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte.

Quanto aos aspectos geológicos, a bacia do rio Potengi apresenta dois compartimentos bem

definidos. A porção centro-ocidental é caracterizada, integralmente, por rochas cristalinas relacionadas ao Pré-Cambriano, onde os recursos hídricos subterrâneos armazenados estão restritos às fraturas e os superficiais relacionados aos trechos temporários e diversos açudes (245 açudes com destaque para o açude de Campo Grande) que acabam por garantir a regularização de alguns trechos. A porção oriental tem seu embasamento geológico constituído por sedimentos quaternários, destacando-se extensas áreas aluvionares dos rios Potengi e Jundiáí, e rochas sedimentares terciário-quaternárias da Formação Barreiras (FB) (Pereira et al., 2015).

No detalhe da Figura 1, próximo da foz do rio Potengi-RN, encontra-se a proposta da ETE Jundiáí-Guarapes, a qual está restrita à margem direita de um pequeno afluente do rio Jundiáí, importante afluente da margem direita do baixo curso do rio Potengi. Na Figura 1 também aparece na margem esquerda a proposta da ETE Jaguaribe que foge ao objetivo deste trabalho.

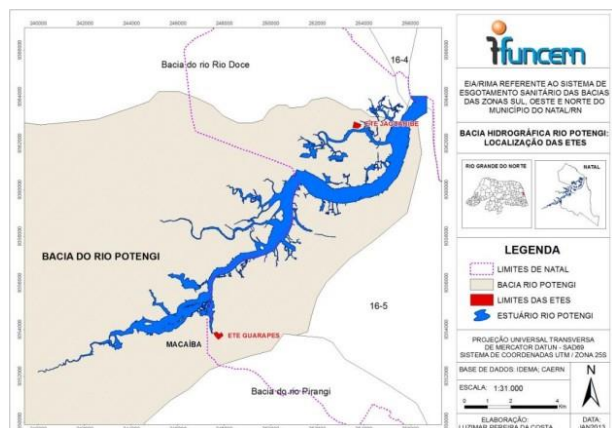


Figura 1. Localização detalhada das localidades propostas das ETE's Jundiáí-Guarapes e Jaguaribe na foz da bacia do rio Potengi (Pereira et al., 2015).

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS DE CAMPO

De acordo com Coutinho e Severo (2009) um programa de caracterização geotécnica ou um programa de investigação geotécnica objetiva determinar as condições geológicas, geotécnicas, hidráulicas e outras informações relevantes a um determinado projeto de

engenharia. Existem várias técnicas disponíveis para se atingir os objetivos de uma investigação geotécnica de subsolo e nestas estão incluídos ambos os ensaios, de campo e de laboratório.

Neste item apresenta-se a caracterização geotécnica a partir dos ensaios de campo. Após visitas técnicas em campo e levantamento topográfico planialtimétrico são apresentados os perfis estratigráficos de três poços perfurados pelo método rotativo para a instalação de três piezômetros do tipo Casagrande de Máxima e os resultados dos ensaios de campo (Sondagem a Trado, Sondagem de Simples Reconhecimento, Capacidade de Absorção do Solo, e Permeabilidade “in situ”) realizados na ETE Jundiáí-Guarapes, Natal / RN.

4.1 Perfis Estratigráficos ou Geológicos dos Poços da ETE Jundiáí-Guarapes

Durante a execução dos poços para instalação dos piezômetros foram obtidos os perfis estratigráficos. Os três poços perfurados pelo método rotativo para a instalação de três piezômetros do Tipo Casagrande de Máxima foram denominados Pz-01-GUA, Pz-02-GUA e Pz-03-GUA. Os poços apresentam camadas sucessivas de pacotes de solos sedimentares típicas da FB. As características dos poços estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características dos Poços.

Poço	PZ-01-GUA	PZ-02-GUA	PZ-03-GUA
Coordenadas	247.868 Km	247.797 Km	247.615 Km
Poço (UTM-SAD 69)	E 9.353.834 Km N	E 9.353.629 Km N	E 9.353.872 Km N
Cota da boca	26,15 m	8,00 m	7,65 m
Diâmetro da perfuração	8"	8"	8"
Diâmetro do revestimento	4"	4"	4"
Profundidade da perfuração	52,00 m	40,00 m	48,00 m
Comprimento da coluna de revestimento	40,00 m	30,00 m	36,00 m
Comprimento da coluna de filtro	12,00 m	10,00 m	12,00 m
Nível estático	13,25 m	1,20 m	20,11 m
Nível dinâmico	25,92 m	15,37 m	8,72 m
Vazão	6,54 m ³ /h	10,08 m ³ /h	8,00 m ³ /h

Na Figura 2 está apresentada em imagem de satélite a localização dos poços perfurados.



COORDENADAS – DATUM SAD 69 / ZONA 25 M			
PONTO	NORTE (S)	ESTE (E)	COTA (m)
PZ – 01	9.353.834	247.868	26,15
PZ - 02	9.353.629	247.797	8,00
PZ - 03	9.353.872	247.615	7,65

Figura 2: Localização dos Poços Perfurados (Google Earth 18/04/2012).

Os poços perfurados pelo método rotativo são descritos a seguir: o poço Pz-01-GUA apresenta camadas sucessivas e intercaladas de argila avermelhada, argila marrom e argila bege até a profundidade de 14,0 metros. A partir daí apresenta uma camada de arenito creme até a prof. de 52,0 m.

O poço Pz-02-GUA apresenta um perfil estratigráfico muito semelhante ao poço Pz-01-GUA denotando uma continuidade geológica em função de sua localização geográfica. Apresenta uma camada de solo orgânico arenoso argiloso cinza até 2,0 metros de profundidade, uma camada de argila marrom com intercalações de solo arenoso até os 4,0 metros de profundidade e a partir daí camadas sucessivas de argila creme e arenito creme até a profundidade de 40,0 metros.

O poço Pz-03-GUA apresenta uma camada de solo argiloso cinza até a profundidade de 2,0 metros e a partir daí camadas sucessivas de argila creme, arenito esbranquiçado, argila amarela e arenito amarelo até a profundidade de 48,20 metros.

De posse das cargas hidráulicas dos três piezômetros da ETE Jundiá-Guarapes

construiu-se o mapa de fluxo das águas subterrâneas, através das interpolações das cargas hidráulicas, o qual indica que o fluxo ocorre de NE para SW, em direção ao afluente do rio Jundiá, garantindo a perenidade desta drenagem. Este padrão confirma o fluxo regional.

4.2 Sondagem a Trado

Foram executados 03 (três) furos de sondagem a trado, perfazendo um total perfurado de 6,00 m. Foram retirados um total de 09 (nove) amostras, sendo uma a cada 0,50m até a profundidade de 2,00m com o objetivo de caracterizar, identificar e classificar as camadas superficiais dos solos na área onde foram executados os três poços para instalação dos piezômetros.

A terminologia adotada na identificação e descrição das amostras obtidas pelas sondagens obedeceu às recomendações da ABNT (NBR 6502 e NBR 7250).

Na Figura 3 é apresentado o perfil individual da sondagem ST - 02 como exemplificação com indicação do nível d'água, a profundidade das diversas camadas atravessadas e a classificação do solo encontrado.

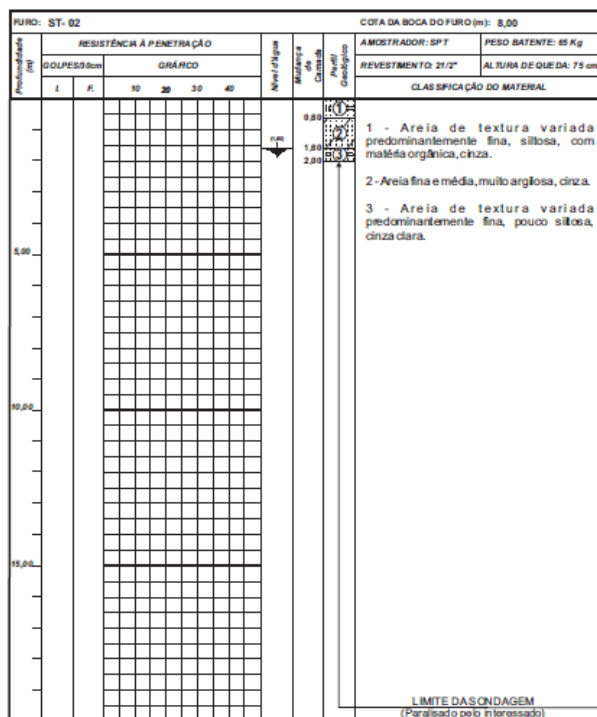


Figura 3: Perfil de sondagem a trado do furo ST - 02.

As amostras deformadas (amolgadas)

coletadas durante a execução da Sondagem a Trado foram acondicionadas em sacos plásticos sem nenhum tipo de contaminação durante o manuseio e encaminhadas para o Laboratório de Mecânica dos Solos do IFRN para realização dos ensaios de caracterização.

O Furo ST 01 relativo ao poço Pz-01-GUA apresenta camadas sucessivas de areias argilosas e argilas até a profundidade de 1,60 metros. A partir daí apresenta uma camada de areia fina muito argilosa de cor variegada alaranjada até a profundidade de 2,00 metros limite da sondagem a trado.

O Furo ST 02 relativo ao poço Pz-02-GUA apresenta camadas sucessivas de areia de textura variada e com presença de areia argilosa, argila e silte até 2,0 metros de profundidade.

O Furo ST 03 relativo ao poço Pz-03-GUA da mesma forma que o ST 02 apresenta camadas sucessivas de areia de textura variada com presença de silte e argila, esta última em pequena proporção, até 2,0 metros de profundidade.

4.3 Sondagem a Percussão (SPT)

Foram executados 03 três furos de sondagem à percussão, perfazendo um total perfurado de 16,30m. A extração das amostras foi feita a cada metro de profundidade pelo barrilete amostrador padrão, imediatamente após o ensaio de penetração dinâmica.

A classificação do solo pela sua compacidade (no caso de solos grossos) e pela sua consistência (no caso de solos finos) foi obtida em função dos índices de resistência à penetração, de acordo com a tabela contida na ABNT (NBR 7250).

Os gráficos da resistência à penetração apresentado nos perfis de Sondagem executados na ETE Jundiai-Guarapes foram construídos utilizando-se a soma dos golpes dos 30 cm finais, obtidos no ensaio de penetração dinâmica.

O Furo SP 01 relativo ao poço Pz-01-GUA apresenta camadas sucessivas de argilas até a profundidade de 1,60 metros. A partir daí apresenta uma camada de areia fina muito argilosa de cor variegada alaranjada até a

profundidade de 2,10 metros e a seguir uma camada de argila variegada cinza clara e arroxeada de consistência até a profundidade de 2,30 metros. O Nspt em toda a extensão do furo de sondagem foi de 7 golpes.

O Furo SP 02 relativo ao poço Pz-02-GUA apresenta camadas sucessivas de areia de textura variada com presença de argila e silte até 7,0 metros de profundidade, limite da sondagem à percussão. O Nspt médio foi de 7 golpes até a profundidade de 3,70 metros e de 23 golpes a partir daí até a profundidade de 7,00 metros.

O Furo SP 03 relativo ao poço Pz-03-GUA a mesma forma que o SP 02 apresenta camadas sucessivas de areia de textura variada com presença de argila e silte até 7,0 metros de profundidade. O Nspt médio foi de 15 golpes até a profundidade de 3,50 metros e de 27 golpes a partir daí até a profundidade de 7,00 metros.

Os perfis de sondagem indicam que os solos das camadas iniciais analisadas apresentam uma boa resistência e uma capacidade de suporte que varia de 50 kN/m² a 200 kN/m².

A partir de correlações empíricas apresentadas por Schnaid & Odebrecht (2012) para solos granulares e para solos coesivos observa-se que a capacidade de suporte e os parâmetros de resistências são típicos de solos da FB nas profundidades consideradas.

Na Figura 4 apresenta-se o perfil individual da sondagem SP – 02 em escala, assinalando: a cota de boca do furo, o índice de resistência à penetração (inicial e final), indicação sobre o nível d'água, à profundidade das diversas camadas atravessadas e a classificação do solo encontrado.

Na Figura 5 está apresentada a localização das sondagens a percussão (SPT) executadas, em imagem de satélite obtida pelo Google Earth onde foram também realizados os ensaios de Sondagem a Trado, Capacidade de Absorção do Solo e Permeabilidade “in situ”.

4.4 Capacidade de Absorção do Solo

Foram executados três ensaios de Capacidade de Absorção dos Solos no terreno, nos locais onde foram realizados os demais ensaios.

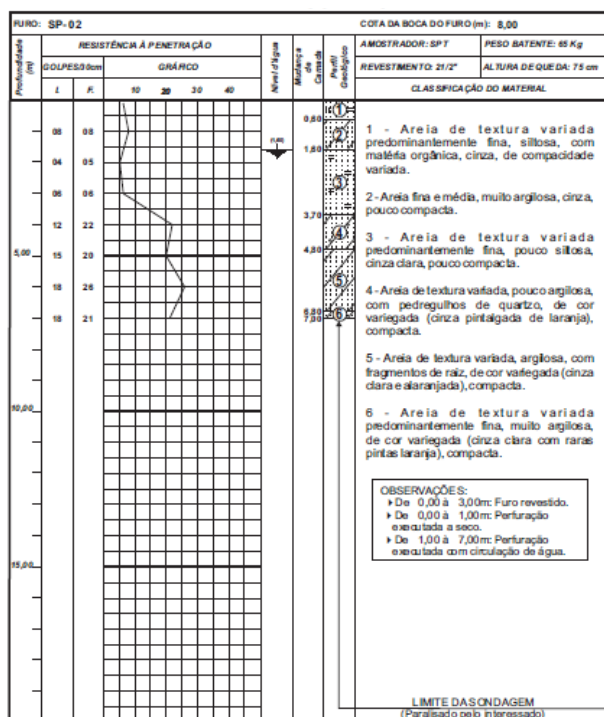


Figura 4: Perfil de sondagem SP - 02.



COORDENADAS – DATUM SAD 69 / ZONA 25 M			
PONTO	NORTE (S)	ESTE (E)	COTA (m)
PI - 01	9.353.831,69	247.868,68	26,15
PI - 02	9.353.627,25	247.798,52	8,00
PI - 03	9.353.872,15	247.610,32	7,65

Figura 5. Localização das Sondagens a Percussão (Google Earth 18/04/2012).

O Ensaio TA 01 relativo ao poço Pz-01-GUA realizado na profundidade de 0,50 metro apresentou uma taxa máxima de aplicação diária de 0,000 m³/m².d.

Os Ensaio TA 02 relativos ao poço Pz-02-GUA realizados nas profundidades de 0,50 e 1,50 metros apresentaram taxas máxima de

aplicação diária de 0,100 e 0,024 m³/m².d.

Os Ensaio TA 03 relativos ao poço Pz-03-GUA também realizados nas profundidades de 0,50 e 1,50 metros apresentaram taxas máxima de aplicação diária de 0,120 e 0,037 m³/m².d, respectivamente.

A absorção relativa abaixo de 0,021 m³/m².d é considerada impermeável, de 0,021 a 0,032 m³/m².d é semi-impermeável, de 0,032 a 0,070 m³/m².d é vagarosa e de 0,070 a 0,140 m³/m².d é média. Na Tabela 2 são apresentados os resultados dos ensaios de absorção dos solos.

Tabela 2. Ensaio de Capacidade de Absorção dos Solos.

Ensaio	Cota (m)	Prof. (m)	Solo	Taxa de percolação (min/m)	Taxa máxima de aplicação (m ³ /m ² .d)
	Terreno / Ensaio				
TA-01	26,15 / 25,65	0,50	(De 0,20 a 0,50m) Argila com areia fina e óxido de ferro, de cor variegada (rósea)	3.000	0,000
TA-02	8,00 / 7,50	0,50	(De 0,00 a 0,60m) Areia de textura variada predominantemente fina, silteosa, com matéria orgânica, cinza.	134	0,100
TA-02	8,00 / 6,50	1,50	(De 0,60 a 1,50m) Areia fina e média, muito argilosa, cinza.	2.058	0,024
TA-03	7,65 / 7,15	0,50	(De 0,20 a 0,60m) Areia de textura variada, pouco argilosa, com matéria orgânica, cinza escura.	87	0,120
TA-03	7,65 / 6,15	1,50	(De 1,20m a 1,50m) Areia fina, argilosa, com pedregulhos de quartzo cinza.	953	0,037

No caso dos solos da ETE Jundiá-Guarapes observa-se que o solo do TA - 01 (0,50m) é impermeável, os solos do TA - 02 (1,50m) é semi-impermeável, do TA - 02 (0,50m) e TA - 03 (0,50m) é considerado com absorção média e do TA - 03 (1,50m) a absorção é considerada vagarosa.

4.5 Permeabilidade “in situ”

Foram executados três ensaios de determinação da Permeabilidade “in situ” no terreno com carga constante próximo aos locais onde foram realizados os demais ensaios.

Os furos para realização do trabalho foram

executados nas profundidades de 1,00 e 3,00 metros.

Coutinho e Severo (2009) compilando dados de diversos estudos sobre permeabilidade em solos observaram que os solos da Formação Barreiras apresentam permeabilidade variando de $2,5 \times E-03$ a $5,5 \times E-05$ cm/s, permeabilidade baixa a muito baixa, onde a variação dos resultados depende dos teores mais argilosos ou arenosos dos materiais estudados.

O Ensaio TA 01 relativo ao poço Pz-01-GUA realizado na profundidade de 1,00 metro, camada de argila de cor variegada cinza clara e arroxeada, apresentou uma taxa de permeabilidade vertical de $5,66 E-07$ cm/s e permeabilidade horizontal de $4,70 E-07$ cm/s, típico de uma camada argilosa de solos da Formação Barreiras. Permeabilidade classificada como muito baixa.

Os Ensaio TA 02 relativos ao poço Pz-02-GUA realizados nas profundidades de 1,00 e 3,00 metros, camadas de solos arenosos de textura variada com presença de argila e silte, apresentaram uma taxa de permeabilidade vertical de $2,87 E-04$ cm/s e $4,66 E-04$ cm/s, respectivamente e permeabilidade horizontal de $1,25 E-04$ cm/s e $2,69 E-04$ cm/s, respectivamente. Permeabilidade classificada como baixa.

Os Ensaio TA 03 relativos ao poço Pz-03-GUA também realizados nas profundidades de 1,00 e 3,00 metros apresentaram uma taxa de permeabilidade vertical de $6,13 E-04$ cm/s e $2,05 E-05$ cm/s, respectivamente e permeabilidade horizontal de $2,97 E-04$ cm/s e $1,56 E-05$ cm/s, respectivamente. Permeabilidade típica de solos da Formação Barreiras, classificada como baixa.

Pereira et al.(2015) executaram o cálculo do tempo de trânsito na zona não saturada utilizando a equação do movimento retilíneo uniforme: espaço (S) = velocidade (v). Tempo (t). Adotando “S” como sendo a profundidade da água na zona não saturada (nível estático) e a velocidade média da água correspondente à taxa de infiltração do solo na zona não saturada (coeficiente vertical). Onde ficou evidenciado que o tempo de trânsito relacionado ao piezômetro 01 da ordem de 29.589,5 dias (81,1 anos) é muito maior não apenas em função da

profundidade, mas principalmente do tipo de material argiloso da Formação Barreiras, a qual está presente desde a superfície do solo

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Os ensaios de laboratório de caracterização geotécnica foram realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos do campus Natal Central do IFRN com amostras amolgadas (deformadas) coletadas durante a sondagem a trado.

5.1 Análise Granulométrica

A análise granulométrica dos solos coletados foram executadas com e sem o uso da substância defloculante. Na Tabela 3 são mostradas as faixas granulométricas referentes aos ensaios com o uso do defloculante.

Tabela 3. Faixas Granulométricas dos Solos.

Amostra	Pedr %	A.G %	A.M %	A.F %	Silte %	Arg %
ST 01 (0,0 a 0,50m)	2	4	22	52	6	14
ST 02 (0,0 a 0,60m)	3	19	38	28	1	11
ST 02 (0,60 a 1,10m)	2	16	32	30	6	14
ST 02 (1,10 a 1,60m)	1	14	25	38	5	17
ST 02 (1,60 a 2,00m)	0	13	34	35	2	16
ST 03 (0,00 a 0,50m)	1	12	35	31	4	17
ST 03 (0,50 a 1,00m)	3	15	40	24	2	16
ST 03 (1,00 a 1,50m)	4	14	40	24	2	16
ST 03 (1,50 a 2,00m)	7	15	30	36	4	8

*Obs: Pedr - Pedregulho, A.G - Areia Grossa, A.M - Areia Média, A.F - Areia Fina, Silte e Arg - Argila.

5.2 Limites de Consistência e Densidade Real dos Grãos

Na Tabela 4 são apresentados os resultados dos ensaios de densidade dos grãos (G_s), limites de Atterberg e na Tabela 5 a classificação dos solos pelo SUCS (Sistema Único de Classificação dos Solos).

Tabela 4. Limites de Consistência e Densidade Real dos Grãos.

Amostra	LL(%)	LP(%)	IP(%)	G_s
ST 01 (0,0 a 0,50m)	36,2	19,4	16,8	2,560
ST 02 (0,0 a 0,60m)	28,3	21,6	6,6	2,558
ST 02 (0,60 a 1,10m)	28,3	15,4	12,9	2,559
ST 02 (1,10 a 1,60m)	28,3	15,9	12,4	2,557
ST 02 (1,60 a 2,00m)	17,0	16,5	0,5	2,620
ST 03 (0,00 a 0,50m)	NP	NP	NP	2,645
ST 03 (0,50 a 1,00m)	NP	NP	NP	2,642
ST 03 (1,00 a 1,50m)	NP	NP	NP	2,639
ST 03 (1,50 a 2,00m)	21,5	16,2	5,3	2,625

Tabela 5. Limites de Consistência e Densidade Real dos Grãos.

Amostra	Classificação SUCS
ST 01 (0,0 a 0,50m)	SC (Areia Argilosa)
ST 02 (0,0 a 0,60m)	SC (Areia Argilosa)
ST 02 (0,60 a 1,10m)	SC (Areia Argilosa)
ST 02 (1,10 a 1,60m)	SC (Areia Argilosa)
ST 02 (1,60 a 2,00m)	SM (Areia Siltosa)
ST 03 (0,00 a 0,50m)	SW-SM (Areia bem graduada Siltosa)
ST 03 (0,50 a 1,00m)	SW-SM (Areia bem graduada Siltosa)
ST 03 (1,00 a 1,50m)	SW-SM (Areia bem graduada Siltosa)
ST 03 (1,50 a 2,00m)	SM-SC (Areia Silto Argilosa)

6 CONCLUSÕES

A ETE Jundiá-Guarapés será assentada sobre um perfil geológico-geotécnico de solos da Formação Barreiras compostos por arenitos finos a médios com intercalações silticas, argilosas e caulínicas, depositados em ambiente aluvial, onde predominam as areias argilosas e areias siltosas.

Do ponto de vista geotécnico os solos das camadas iniciais analisadas apresentam uma boa resistência e uma capacidade de suporte que varia de 50 kN/m² a 200 kN/m². Observa-se que as resistências são típicas de solos da Formação Barreiras. Nas camadas mais profundas a resistência aumenta devido ao efeito do confinamento e das tensões verticais das camadas subjacentes.

Os solos das camadas até dois metros de profundidade da ETE Jundiá-Guarapés apresentam uma capacidade de absorção vagarosa, semi-impermeável ou impermeável.

A permeabilidade desses solos até a profundidade de 3,0 metros varia de baixa a muito baixa que são típicas de solos da Formação Barreiras.

Essas características de capacidade de absorção e de permeabilidade muito baixas são favoráveis para implantação de um empreendimento como uma ETE, pois dificultam a infiltração de qualquer vazamento de contaminante que porventura possa ocorrer ao longo do tempo de operação da mesma.

REFERÊNCIAS

- Coutinho, R. Q.; Severo, R. N. F. *Conferência Investigação Geotécnica Para Projeto de Estabilidade de Encostas*. 50 Conferência Brasileira de Estabilidade de Encostas, COBRAE, São Paulo. p. 55. 2009.
- Pereira, R. ; Teixeira, R. O. ; Severo, R. N. F ; Costa, L. P. *Estudos Hidrogeológicos e Hidrodinâmicos para Implantação da ETE Jundiá-Guarapés/Zona Sul de Natal-RN*. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília - DF. 2015
- Schnaid, F.; Odebrecht, E.. *Ensaio de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. v. 1. 223p.