

Ampliação De Uma Grande Obra de Saneamento – Enfoque Geotécnico

Ney Augusto Nascimento 1
UFPR, Curitiba, Brasil, neygeotecnia@gmail.com

Errol Towes 2
Sistema Estruturas, Curitiba, Brasil, recepcao@onda.com.br

Renato Marini 3
Sanepar, Curitiba, Brasil

Osmar Bordignon 4
Sanepar, Curitiba, Brasil, obordignon@sanepar.com.br

Paulo Roberto Muller 5
Sanepar, Curitiba, Brasil, prmuller@sanepar.com.br

Antonio Roberto Sartor 6
Proensi, Curitiba, Brasil, asartor@proensi.com.br

Rogério Francisco Küster Puppi 7
UTFPR, Curitiba, Brasil, rfkpuppi@gmail.com

RESUMO: A ETE Belém foi projetada no final dos anos 70 e é uma das maiores estações de tratamento de esgotos do Paraná. Está em operação desde 1980 e tem capacidade para tratar 840 l/s, atendendo aproximadamente 600 mil habitantes da cidade de Curitiba. Nesta primeira etapa da obra, em andamento, melhorias estão sendo introduzidas visando o aumento de capacidade de tratamento com a mesma eficiência, inclusa a construção de um novo decantador de 65 metros de diâmetro, dentre várias outras ações como por exemplo novo desarenador, grades, emissário, elevatórias e mesmo sistema de aproveitamento de gases gerados, objeto de outro contrato. A localização do empreendimento hidráulico-sanitário, junto à foz de um rio tipicamente urbano (Rio Belém) no principal leito de drenagem regional (Rio Iguaçu), o histórico de deposição do lodo resultante do tratamento há décadas, a geologia e a geotecnia locais e as inúmeras intervenções envolvendo escavações de porte, dão o tom das dificuldades encontradas nas fases de projeto e execução da obra. Saliente-se que os trabalhos de campo se desenvolvem com a estação em pleno funcionamento. Certamente, além da engenharia civil envolvida no caso, há também forte apelo ambiental neste projeto, parte do processo de recuperação de ambos os rios. Os perfis de subsolo heterogêneo saturado, contendo tipicamente argila muito mole superficial, areia e argila rija e dura a maiores profundidades, com intenso fluxo de água, e uma escavação em particular para o citado decantador a uma profundidade de até 11 metros, exemplificam a complexidade e dimensões da obra em tela. O trabalho descreve algumas soluções divisadas, fruto de intensas discussões em especial nas fases de anteprojeto e projeto executivo da obra, acertos e desacertos verificados ao longo da implantação das diversas unidades do conjunto e também experiência adquirida, em utilização na sequência para triplicar a capacidade de operação atual. A presença dos projetistas no andamento dos trabalhos de campo tem sido constante e deste esforço conjunto com a proprietária e a empreiteira soluções vem

sendo divisadas e aplicadas com sucesso.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento, Fundações, Contenções.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de ampliar o sistema de esgotamento sanitário de Curitiba e Região Metropolitana, com cerca de 3 milhões de habitantes atualmente, forçou ampliação de obra da década de 70 para em breve triplicar a capacidade de tratamento (de 840 para 2.520 l/s). Há também um enfoque ambiental intenso para despoluir os dois rios diretamente envolvidos no processo, quais sejam o Rio Belém (tipicamente urbano, cortando a cidade de Curitiba de Norte a Sul) e o Iguaçu, canal principal de drenagem natural da região, convergindo a Oeste do Paraná até as Cataratas do Iguaçu, divisa Brasil-Argentina, após cerca de 700 km de curso.

Atualmente o Rio Belém é praticamente um canal de esgotos e o Iguaçu se apresenta altamente poluído em longo trecho de sua extensão inicial, até perto de 100 km a partir de Curitiba

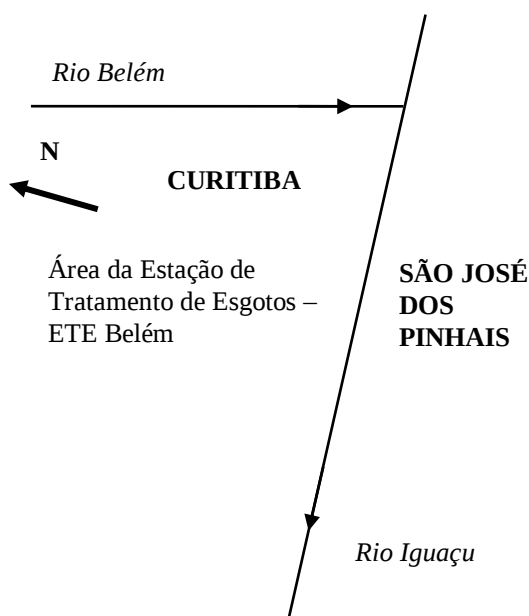
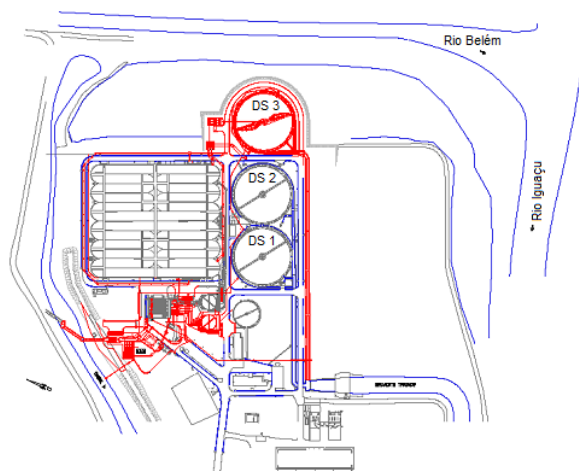


Figura 1. Planta genérica da área da ETE Belém (sem escala).

A Figura 1 mostra esquematicamente a localização da área em tela. Durante as últimas quatro décadas, com o funcionamento da

estação na sua conformação original com dois decantadores secundários, houve massiva deposição do lodo resultante do processo de tratamento junto à margem direita do Rio Belém, local onde foi necessário locar algumas das unidades da ampliação, a saber o decantador secundário 3 (DS-3), a estação elevatória de recirculação de lodo (EERL) e parte do canal de deságüe do efluente tratado. O DS-3 é a estrutura mais complexa da obra, por se tratar de uma escavação circular em planta de 65 m de diâmetro e de altura entre 4,5 e 6,8 m, contendo ainda um rebaixo central para a tubulação com mais 4,5 m de profundidade. Assim, a profundidade total da escavação para essa estrutura alcança cerca de 11,3 m do nível do terreno original, qual seja na cota 874,0. A Figura 2 apresenta uma planta geral da estação (implantação).



OBS.) ampliação em vermelho.

Figura 2. Implantação da ETE Belém – lay-out geral.

As demais unidades que merecem destaque neste projeto são a subestação de energia elétrica (a manter), o sistema de entrada (grades, desarenador, bombas), a tubulação de chegada do esgoto bruto e o canal de água tratada, todos a ampliar ou acrescentar. Saliente-se que a operação desta ETE continuou e continua

enquanto a obra se desenrola, quer dizer as atividades se superpõem, sejam de operação, sejam de manutenção e ampliação do sistema.

2 GEOLOGIA E GEOTECNIA LOCAIS

A Bacia de Curitiba, cuja superfície se estende por 3.000 km², situada topograficamente no Primeiro Planalto Paranaense a cerca de 900 m acima do nível do mar, imediatamente a Oeste da Serra do Mar, é composta por diversos sedimentos. As argilas são comumente denominadas argilitos e há ainda arcósios, conglomerados e depósitos carbonáticos (caliches), sedimentos esses que caracterizam a Formação Guabirotuba, a mais importante unidade estratigráfica da bacia. A sua abrangência cobre também alguns municípios vizinhos e os seus processos de sedimentação foram, ao menos parcialmente, controlados por tectonismo (Salamuni e Salamuni, 1999).

Os solos da Formação Guabirotuba possuem tipicamente características de elevada consistência (rija a dura), com resistência à penetração do amostrador padrão SPT entre 15 e 30 golpes/30 cm desde pouca profundidade. Sedimentos argilosos são comumente de superfícies polidas, caracterizando planos de fácil deslizamento, portanto de fraqueza, observáveis a nível de centímetros e decímetros (Kormann, 1999). Elevado sobreadensamento é outra característica notável, com valores entre 400 e 1000 kPa (Nascimento et al, 1994; Nascimento, 1992), originado provavelmente tanto por remoção de camadas quanto pelos ciclos de secagem e molhagem da sua gênese. Apresentam potencial instabilidade quando escavados, causando desprendimento de blocos com sérios riscos para a implantação de tubulões e estacas escavadas, por exemplo, soluções regionalmente bastante utilizadas. Além disso possuem capacidade expansiva devida tanto ao elevado sobreadensamento quanto à presença de minerais ávidos de água (esmectita). Nesse cenário, a rapidez de execução pode ser muitas vezes a chave de um projeto e execução bem sucedidos.

A posição do nível de água do lençol freático é muito variável, podendo oscilar entre quase

superficial a 10 ou 15 m de profundidade – há comumente situações de lençol de água suspenso, associadas à baixa permeabilidade da argila, e facilidade de fluxo subterrâneo nas porções mais grosseiras (arenosas e pedregulhosas), também presentes amiúde.

O assoalho desta área da obra, sobre o qual correm ambos os rios, é de solos da Formação Guabirotuba. Há depósitos inconsolidados superficiais, quer naturais, quer produto de bota fora (especialmente lodo da própria estação de tratamento ou de outras origens), complicando sobremaneira a geotecnia mais superficial em face do aspecto coloidal desses últimos depósitos. Na parte do DS-3 havia até o início dos trabalhos de campo cerca de 3 metros de lodo saturado, produto de décadas de lançamento espúrio deste material; para se ter idéia das dificuldades encontradas, até o acesso de pessoas para as sondagens iniciais, coleta de amostras de solos e topografia foi complicado pelo baixo suporte e alta compressibilidade desse material assim lançado.

Nesse mesmo local o perfil típico do subsolo indicou ainda a presença de solo argiloso consistente e camada de areia, drenante, a partir da qual se estabeleceu o necessário rebaixamento do nível de água (NA), praticamente superficial, de modo a se permitir escavação e trabalho interno à contenção seguros. A Figura 3 mostra a sondagem a percussão representativa.

3 UNIDADES DA AMPLIAÇÃO A DESTACAR

A obra de ampliação desta estação de tratamento de esgotos é grande e relativamente complexa, em vista principalmente das dificuldades executivas. Dentre vários destaques de interesse, como por exemplo o aproveitamento do lodo resultante do processo de tratamento, para fins agrícolas específicos, detalhes relativos a algumas das unidades chamam a atenção, especialmente sob o olhar geotécnico.

CLIENTE: PROENSI PROJ. ENG. DE SIST. S.S. LTDA.			SONDAGEM A PERCUSSÃO		
OBRA: ETE BELÉM			SP- 02		
LOCAL: CURITIBA / PR			INÍCIO: 04/10/11		
			COTA: 874,00 m		
Cota em relação ao R. N.	AMOSTRA	Profundidade da amostra (m)	REVESTIMENTO: Ø 63,5 mm		
			AMOSTRADOR Ø INTERNO: 34,9 mm		
			Ø EXTERNO: 50,8 mm		
			PESO: 65 kg ALTURA DA QUEDA: 75 cm		
			CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA		
			ATERRO DE ARGILA SILTOSA, COM RAÍZES, MUITO MOLE, MARROM		
			ATERRO DE ARGILA ORGÂNICA		
			SILTOSA, MUITO MOLE, PRETA		
			passagem de aterro para ARGILA SILTOSA, MUITO MOLE, CINZA ESCURA		
			idem, mole		
			idem, muito mole		
			idem, arenosa, mole, cinza		
			AREIA FINA E MÉDIA SILTOSA, COMPACTA, CINZA		
			idem, medianamente compacta		
			ARGILA ARENOSA, COM PEDREGULHOS FINOS, RIJA, CINZA E VERDE		
			SILTE ARENOSO, MUITO COMPACTO, CINZA E VERDE		
			MATERIAL NÃO PERFORÁVEL PELA SONDA A PERCUSSÃO		
			(provavelmente em camadas de pedras soltas e/ou matácões)		
			PENETRAÇÃO FORA DE COTA		
			DE A 1a. 2a. 3a.		
			0,00 0,45 1/30 1/15 -		
			0,50 0,95 1/45 - -		
			1,50 1,95 0/45 - -		
			2,50 2,95 2/15 2/15 2/15		
			3,50 3,95 1/15 1/15 1/15		
			4,50 4,95 1/15 1/15 2/15		
PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA			AVANÇO ATRADO		
INICIAL: 0,10 m em 05/10/11			0,00 m a 5,00 m		
FINAL: 0,10 m em 05/10/11			5,00 m a 9,93 m		
			PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 5,50 m		
SOLOTÉCNICA			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		
			SPT 10 m INICIAL		
			SPT 10 m FIMAS		

complicado.

A Figura 5 mostra um dos tubos camisa dos poços sendo cravado. As Figuras 6, 7 e 8 ilustram os serviços iniciais no decantador secundário 3 (execução da cortina envoltória, escavação e rebaixo da tubulação de entrada).



Figura 5 – Cravação de tubo camisa de poço de rebaixamento.



Figura 6 – Execução da cortina envoltória do DS 3.

3.2 Estação Elevatória de Recirculação de Lodo - EERL

Esta estrutura é simples e pequena, comparativamente ao decantador secundário, e está localizada a cerca de 10 m da lateral do DS-3 e igualmente na área de aterro jogado muito mole e saturado. É na verdade uma caixa enterrada, para a execução da qual previu-se cortina de contenção envoltória nos moldes da outra muito próxima. Ocorreu, porém, um acidente geotécnico neste local – ao se escavar internamente, houve ruptura da mesma. Especulações em torno do assunto, ainda em

evidência e aguardando definição, mencionam falta de momento resistente nas estacas, falta de ficha, perfil de subsolo em piores condições do que a área contígua (definido por novas sondagens a percussão pós-acidente) e mesmo ocasional deslize de concepção, o que felizmente não se confirmou, até o presente momento, na escavação de maior porte. Como observação quanto a este insucesso, o formato em planta é retangular e não circular, como no DS-3, o que provavelmente favoreceu a ruptura.



Figura 7 – Fase de escavação do DS 3.



Figura 8 – Rebaixo da tubulação de entrada do DS 3.

3.3 Subestação de Energia Elétrica

Esta é uma estrutura antiga da estação, localizada junto à nova entrada do esgoto bruto (grades, desarenador), responsável pelo recebimento, medição e distribuição de toda energia elétrica do complexo. Desde a época de discussão do projeto, houve o cotejamento entre

se executar uma nova SE eliminando a antiga ou manter-se a atual em operação. Os projetistas argumentavam que a execução da nova entrada de esgoto bruto, estrutura enterrada de 5,5 m e contígua à SE, poderia causar danos aos equipamentos elétricos sensíveis e ao próprio prédio existente, porém foram voto vencido e a subestação antiga foi mantida e operando continuamente.

Esta decisão forçou então a execução de cortina de contenção envoltória à SE, com formato de “L” em planta, permitindo assim a necessária escavação lateral, e que foi dimensionada em balanço e executada com perfis metálicos pesados (W 610 x 101) de 12 m de comprimento cada, cravados espaçados de metro em metro, enrijecidos por viga de coroamento e preenchidos com pranchada de madeira. Havia muita expectativa quanto ao que poderia causar o esforço dinâmico da cravação, porém esta ação se mostrou acertada ao final e não houve nenhum tipo de interferência no funcionamento da subestação. A Figura 9 mostra uma das faces desta contenção, numa situação de enchente, com uma potente bomba de recalque pronta para ser acionada e esgotar a área do novo sistema de entrada, em construção, lateral à SE.



Figura 9 – Contenção lateral em perfis de aço e bomba de recalque em primeiro plano.

3.4 Canal de Deságüe da Água Tratada

Esta é uma estrutura superficial, que dirige a água tratada do decantador secundário 3 ao Rio Iguaçu. A estrutura em si, em concreto armado moldada in loco não apresenta novidades, porém

a sua localização foi definida junto ao lago existente na área (Figura 4, parte superior). Para a sua implementação foi necessário aterro de material mais grosseiro (saibro) com cimento Portland comum, pré-misturado e empurrado com trator de lâmina ao longo da margem do lago, de modo a formar solo firme para fundação direta de trecho deste canal trapezoidal. Com a cuidadosa atenção e cooperação dos engenheiros residentes da obra, em especial da proprietária (Sanepar – Companhia de Saneamento do Paraná), a execução do canal transcorreu de modo favorável e a dificuldade foi assim vencida a contento. A Figura 10 exemplifica o caso.



Figura 10 – Construção do canal de deságüe.

4 CONCLUSÕES

A obra de ampliação da Estação de Tratamento de Esgotos – ETE Belém é uma das principais desta área em andamento no estado, sob a responsabilidade da concessionária Companhia de Saneamento do Paraná, Sanepar. Já com quase quatro décadas de funcionamento e necessitando urgentemente de melhorias e aumento da capacidade de tratamento, apresentou alguns desafios que ultrapassaram as dificuldades normais de obras deste tipo. As condições do perfil geotécnico local com solo muito mole superficial e água aflorando foi um problema que envolveu um sistema de rebaixamento do NA funcionando parcialmente a contento – dentre os itens que poderiam ter sido levados em conta para uma melhor eficácia citam-se a completa furação dos tubos de

revestimento, o acionamento bem mais anterior ao início da escavação e, provavelmente, um maior número de poços além dos seis executados. Como alternativa definida e aplicada na obra, foram feitos mais dois poços na área interna à escavação, o que permitiu boa drenagem da água e maior segurança para o trabalho prosseguir.

O caso de ruptura da contenção envoltória à elevatória de recirculação de lodo (EERL), similar a outras executadas e bem sucedidas nesta mesma obra, mostrou novamente a grande heterogeneidade da geotecnia deste terreno (mudança drástica do perfil de subsolo para pior), o possível descuido ao se encomendar e cravar as estacas (eventualmente com deficiência de momento resistente) e certamente a influência da geometria da contenção em planta, confirmando o efeito benéfico à estabilidade num arranjo circular em detrimento a outros formatos (retangular em planta, neste caso, bem menos favorável).

Outro aspecto a destacar é o fato da estação continuar operando durante todo o tempo, um complicador para quase todas as intervenções necessárias ao projeto de ampliação – louve-se aqui o esforço conjunto dos projetistas, executores, operadores e, de modo especial, da proprietária, sem o que a materialização deste empreendimento não seria possível, nas condições em que acontece.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam a sua gratidão à Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar, concessionária do serviço de água e esgoto, pela permissão para publicar este trabalho. Reconhecem também a participação da Proensi (projeto hidráulico-sanitário), Sistema (projeto estrutural), Solotecnica (sondagens e ensaios geotécnicos de laboratório), Rocha (sondagens adicionais), Enfil (empreiteira) e a todos os demais profissionais direta e indiretamente envolvidos neste projeto.

REFERÊNCIAS

Kormann, A.C.M “Comportamento de argilas rijas:

aspectos geotécnicos da Formação Guabirota”, in Características Geotécnicas da Formação Guabirota, ABMS-PRSC e UFPR, Curitiba, setembro de 1999, p.119-128;

Nascimento, N.A. “Um estudo laboratorial em amostras indeformadas do solo sedimentar da Bacia de Curitiba e do solo residual de basalto do Paraná”, tese de concurso para a classe de professor titular na área de engenharia de solos e fundações, Departamento de Construção Civil-Setor de Tecnologia da UFPR, Curitiba, 1992;

Nascimento, N.A. e Puppi, R.F.K. “Formação Guabirota: algumas características e comentários sobre fundações e contenções”, in Características Geotécnicas da Formação Guabirota, ABMS-PRSC e UFPR, Curitiba, setembro de 1999, p.189-195;

Nascimento, N.A. e Puppi, R. F. K. “Soft clay deposits – an extreme example at the Barigui River flood area”, in Boletim Paranaense de Geociências, nº 62/63, 2008, Editora UFPR, Curitiba, p. 35-46;

Nascimento, N. A., Brandi, J. L. G. e Puppi, R. F. K. “Fundações diretas na região de Curitiba”, in Twin Cities – solos das regiões metropolitanas de São Paulo e Curitiba, ABMS – NRSP/NRPRSC – ISSMGE, São Paulo, 2012, p.233-245;

Salamuni, E. e Salamuni, R. “Contexto geológico da Formação Guabirota, Bacia de Curitiba”, in Características Geotécnicas da Formação Guabirota, ABMS-PRSC e UFPR, Curitiba, setembro de 1999, p.7-15;