

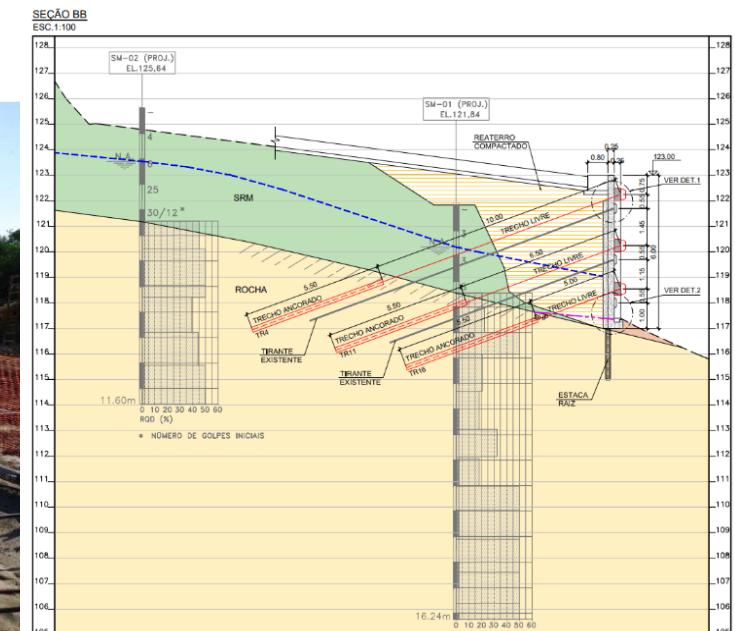
Ensaio PDA nas ET-01 e
ET-02

Engº Arthur T. Askinis

Engenheiro Civil pela FEI 2015, pós graduado pelo IMT. Desde 2022 atuando no Instituto de Engenharia na DT de Geotecnia promovendo palestras e eventos técnicos. Aluno especial de Mestrado na UniCamp.



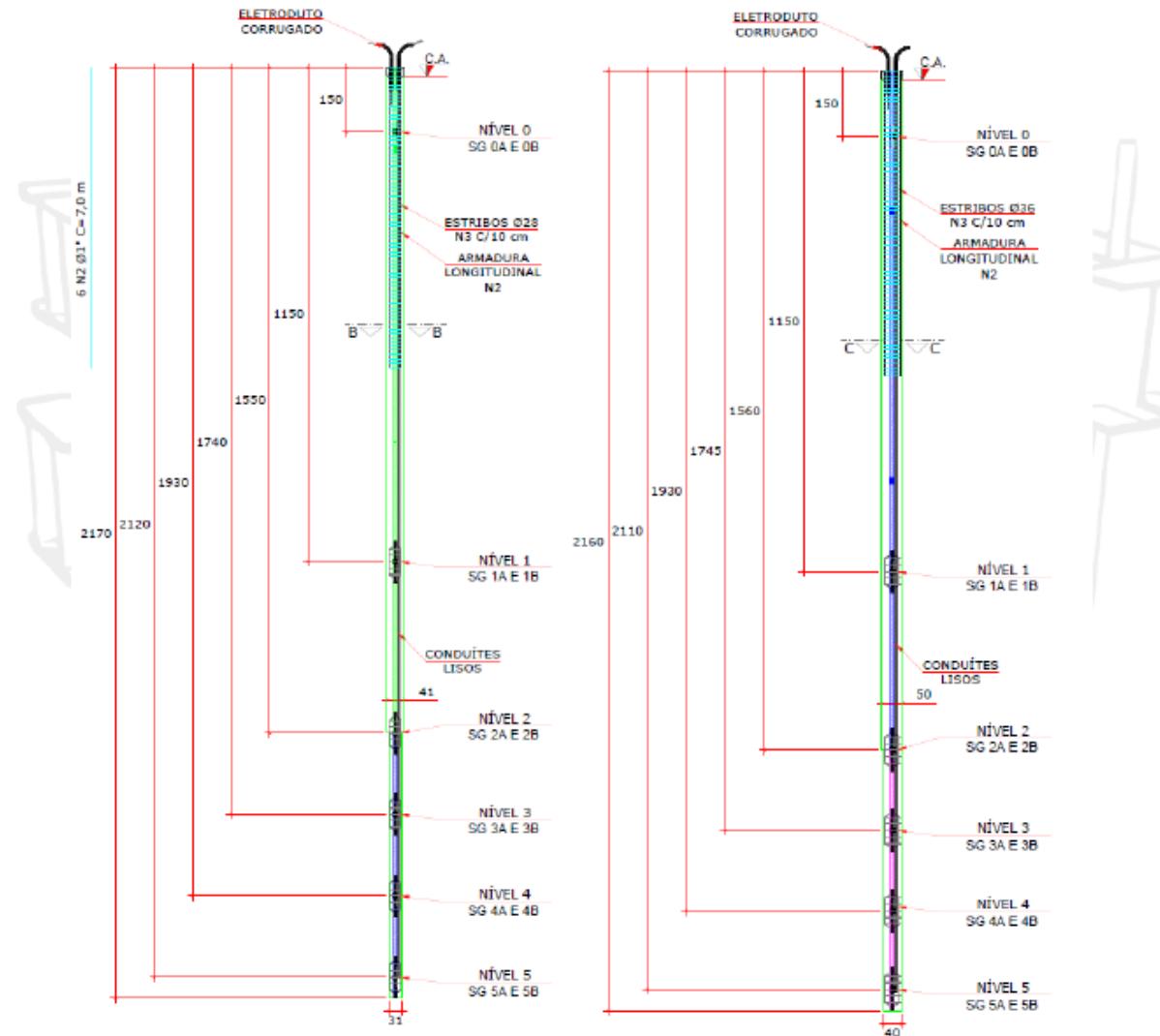
Atua em projetos de geotecnia (Estab. de Taludes, Solo ~~Molé~~ fundação e contenções) e de Obras de Terra.



Dados das estacas teste

ET01

- Tipo: Raiz
- D = 500 mm
- L = 21,70m
- Armada integralmente com monobarra Rocsolo.
- 5 Níveis de SG + Referência (topo)



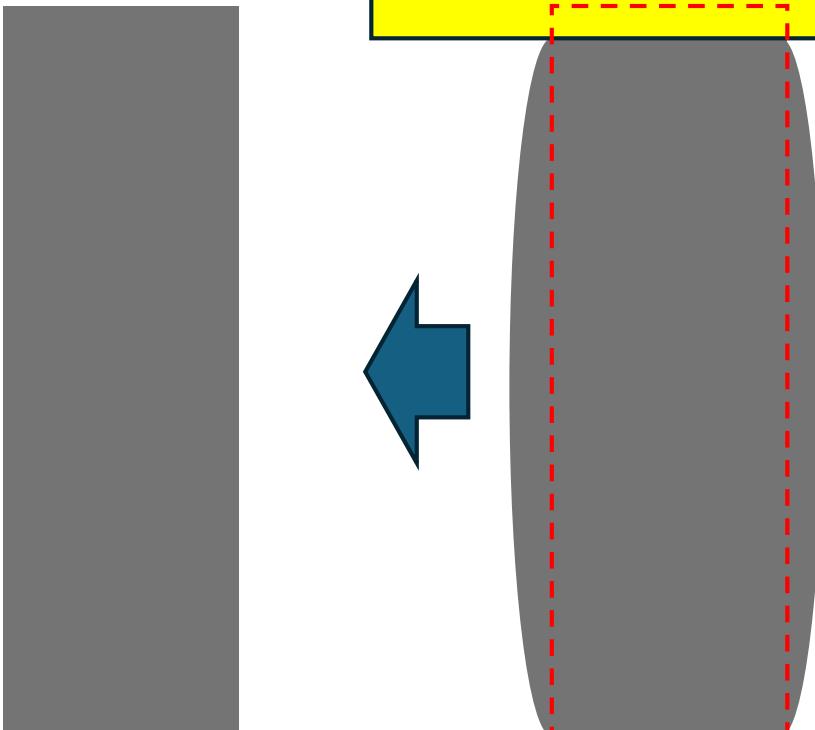
ET02

- Tipo: Raiz
- D = 410 mm
- L = 21,60m
- Armada integralmente com monobarra Rocsolo.
- 5 Níveis de SG + Referência (topo)

Cabeça de bater

"A cabeça de bater é fundamental para um bom Execução GdotePAEngenharia S.

Execução : **GEOMEC**



*efeito exagerado para entendimento



Dimensionamento do Ensaio

Pedido inicial: Que no ensaio tivéssemos energia suficiente para mobilizar cerca de 800tf.

Martelo 10tf com alturas de queda incrementais de 15cm limitadas a 3,0m

Analizando as PCE as resistências foram da ordem de 300tf. Baseado na PC estimou-se a resistência e se o **comportamento fosse o mesmo teríamos pouco pontos**

Peso do
martelo
eficiênci
a

Altura de queda

Resistência $R = \frac{z \cdot W \cdot \eta}{(S + D)}$

Início com martelo
de 5tf
e se necessário
continuar com
10tf.



Procediment
o GEOMEC

Execução do Ensaio

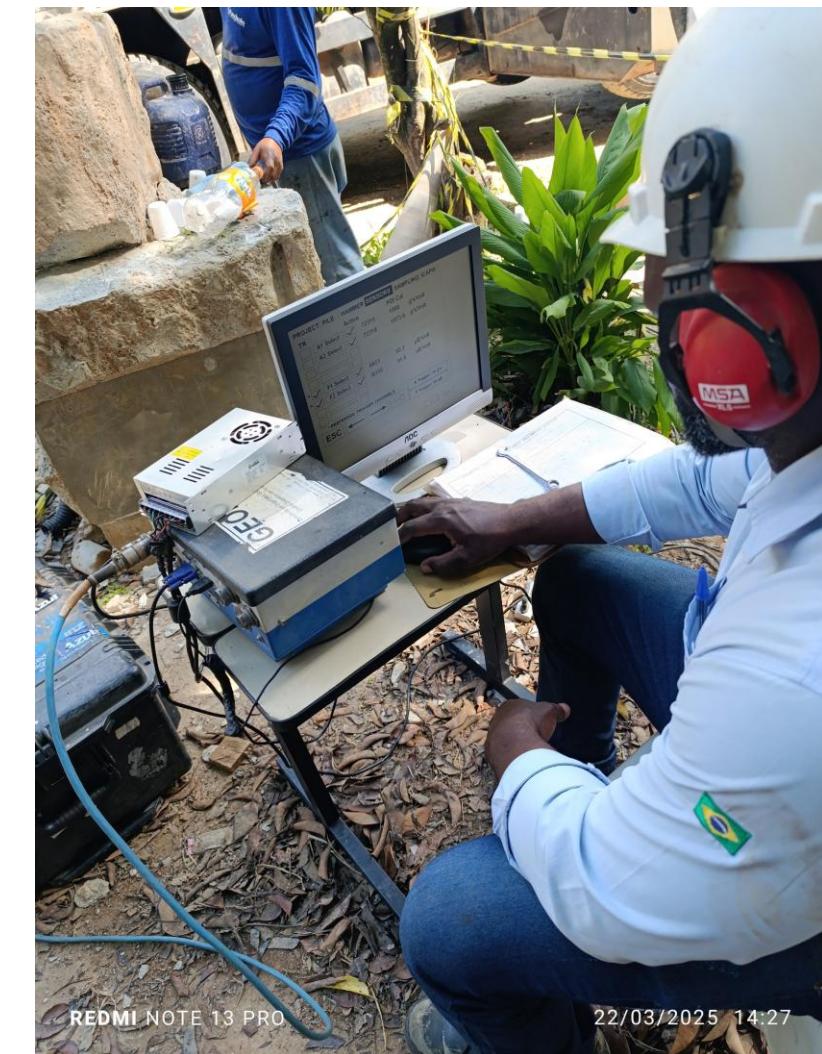
Execução GEOMEC



Sensores



Posicionamento do martelo de leitura time GeoMec



Execução do Ensaio

Execução **GEOMEC**



- Levantar o martelo na altura determinada
- Acoplamento hidráulico do martelo no tubo guia e descida dos cabos pelo munk
- Liberação do martelo
- Leituras dos sensores e da

Acompanhamento do Ensaio

Execução **GEOMEC**



Cassio Moura, Nelson Aoki e Arthur Askinis | José Eduardo Jardim e Nelson A.

Acompanhamento do Ensaio



REDMI NOTE 13 PRO

22/03/2025 14:03



REDMI NOTE 13 PRO

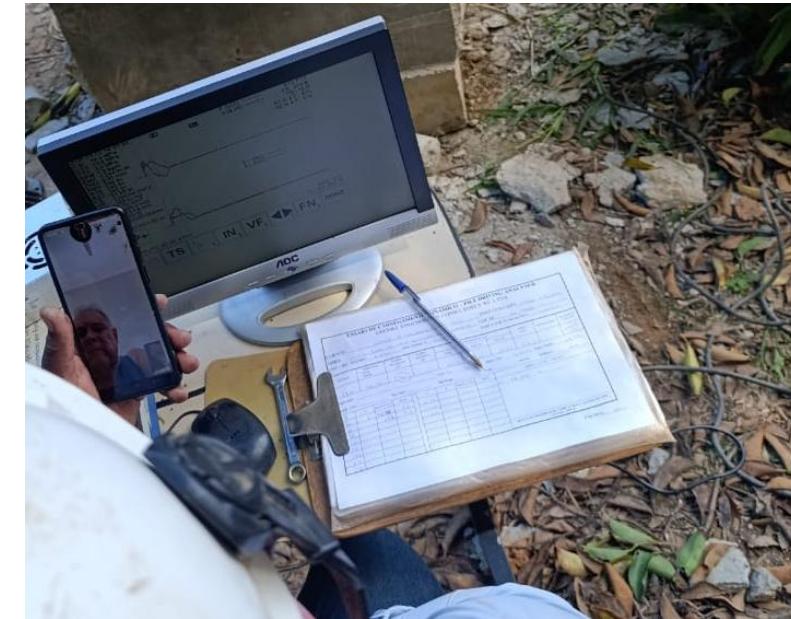
22/03/2025 09:18

Zé Olimpio, time da FundSolo e Grotta Arthur Askinis, Nelson Aoki e Clélio

Resultado CASE

Estaca	Ø (cm)	Carga Máxima Trabalho (tf)	Golpe	RMX (tf)	DMX (mm)	Hq (m)	SET (mm/g)	EMX (txm)	% EMX	FMX (tf)	Tensão Comp. (kg/cm²)	Fmín (tf)	Tensão Tração (kg/cm²)	J
ET01	40	400	1	174	5	0,3	0	0,47	27,5	136,9	109	22,6	18	0,02
			2	270	9	0,6	2	1,39	40,6	199,7	159	27,6	22	0,35
			3	281	12	0,9	3	2,29	44,6	228,6	182	38,9	31	0,69
			4	283	14	1,2	4	3,05	44,6	252,5	201	44,0	35	0,61
			5	285	15	1,5	6	3,90	45,6	290,1	231	52,8	42	0,60
ET02	50	500	1	217	4	0,3	0	0,44	25,7	151,2	77	25,5	13	0,00
			2	233	7	0,6	2	1,42	41,5	243,4	124	31,4	16	0,90
			3	234	9	0,9	5	2,39	46,6	308,2	157	27,5	14	0,67
			4	228	11	1,2	9	3,28	48,0	367,1	187	13,7	7	0,68
			5	222	14	1,5	12	4,50	52,6	447,6	228	27,5	14	0,68
			6	239	16	1,8	14	5,25	51,2	457,4	233	29,4	15	0,62
			7	250	20	2,1	17	6,83	57,1	500,6	255	49,1	25	0,58
			8	255	24	2,4	21	8,29	60,6	594,8	303	53,0	27	0,59
			9	287	27	2,7	23	9,70	63,0	624,2	318	98,2	50	0,52

Fonte: Relatório GeoMec



RMX - Máxima Capacidade de Carga, processada através do Método de CASE.
DMX - Máximo Deslocamento (downward displacement) medido ao nível dos sensores

- Hq - Altura de Queda do Martelo
- SET - Deslocamento Permanente
- EMX - Máxima Energia Transferida, que passa ao nível dos sensores.
- % EMX - Eficiência do Martelo
- FMX - Máxima Força de Compressão originada quando do impacto do martelo, medida ao nível dos sensores.
- Fmín - Força de Tração Máxima medida ao nível dos sensores.
- J - Damping de CASE - Fator de Amortecimento Dinâmico de CASE

CAPWAP em todos golpes

Estaca	Ø (cm)	Carga Máxima Trabalho (tf)	Golpe	WS (m/s)	RU (tf)	QAL (tf)	% QAL	QP (tf)	% QP	J
ET01	40	400	1	3.800	174,0	154,5	88,8	19,4	11,1	0,02
			2		270,0	209,5	77,6	60,5	22,4	0,35
			3		281,0	202,3	72,0	78,7	28,0	0,69
			4		283,0	191,7	67,7	91,3	32,3	0,61
			5		285,0	180,6	63,4	104,4	36,6	0,60
ET02	50	500	1	4.000	225,0	165,9	73,7	59,1	26,3	0,00
			2		235,0	166,1	70,7	68,9	29,3	0,90
			3		235,0	163,6	69,6	71,4	30,4	0,67
			4		228,0	161,2	70,7	66,8	29,3	0,68
			5		230,0	161,3	70,1	68,7	29,9	0,68
			6		240,0	164,0	68,3	76,0	31,7	0,62
			7		250,0	172,6	69,0	77,4	31,0	0,58
			8		255,0	181,1	71,0	74,0	29,0	0,59
			9		288,8	187,9	65,1	100,9	34,9	0,52

VANTAGENS

- Resistência de atrito e ponta em todos os golpes
- Melhor entendimento das distribuições de resistências

- WS - Velocidade de onda calibrada na análise CAPWAP.
- RU - Carga Total Mobilizada por golpe de energia crescente – Análise CAPWAP
- QAL - Máximo Atrito Lateral Ativado por golpe de energia crescente – CAPWAP
- QP - Máxima Resistência de Ponta Ativada por golpe de energia crescente – CAPWAP
- J - Damping de CASE – Fator de Amortecimento Dinâmico de CASE

Interpretação dos Ensaios

Execução **GEOMEC**

NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
6122

Quarta edição
25.03.2022

Projeto e execução de fundações
Design and construction of foundations

Projeto e execução de fundações

1 Escopo

Esta Norma especifica os requisitos a serem observados no projeto e execução de fundações de todas as estruturas da engenharia civil.

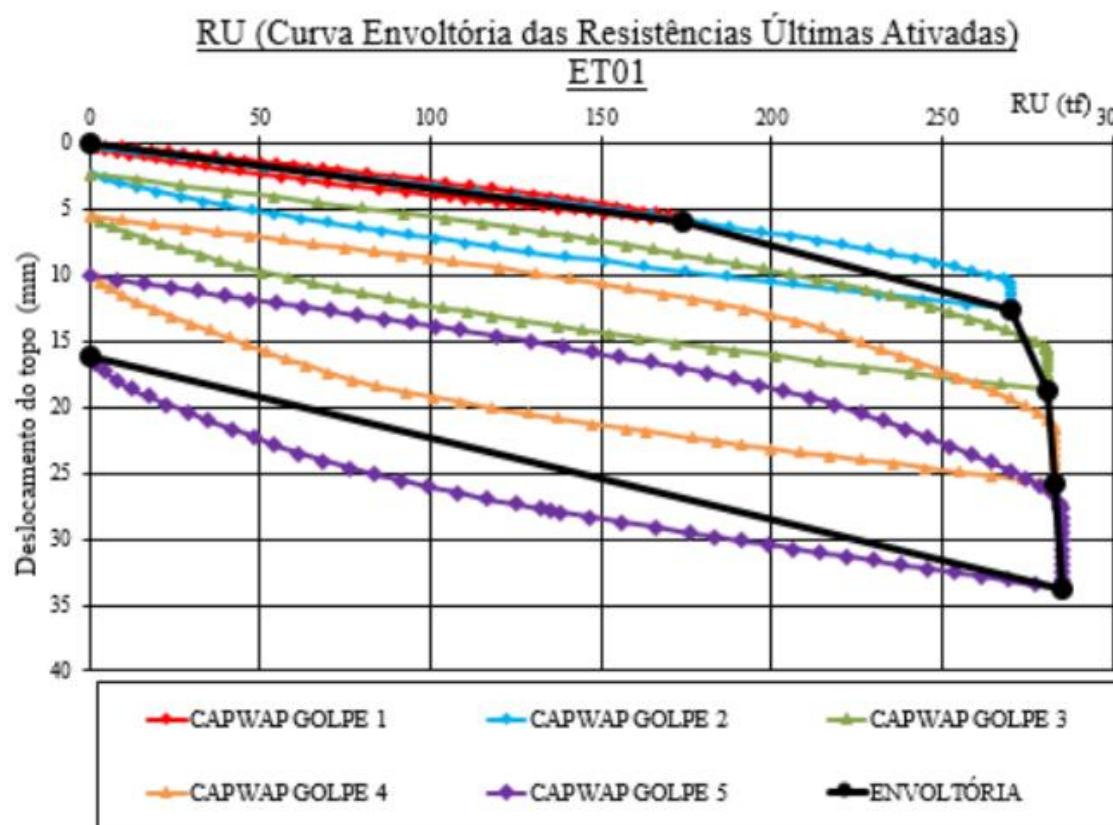
Esta Norma não contempla aqueles tipos de fundação que têm aplicação restrita (sapatas estaqueadas, radier estakeados, estacas de compactação, melhoramento do solo etc.) e aqueles que estão em desuso (caixões pneumáticos etc.). Tais fundações podem ser utilizadas com as adaptações que sejam necessárias a partir dos tipos aqui apresentados.

NOTA Reconhecendo que a engenharia geotécnica não é uma ciência exata e que riscos são inerentes a toda e qualquer atividade que envolva fenômenos ou materiais da Natureza, os critérios e procedimentos constantes desta Norma procuram traduzir o equilíbrio entre condicionantes técnicos, econômicos e de segurança usualmente aceitos pela sociedade na data de sua publicação. Nos projetos civis que envolvem mecânica dos solos e mecânica das rochas, o profissional habilitado com notória competência é o profissional capacitado a dar tratamento numérico ao equilíbrio mencionado.

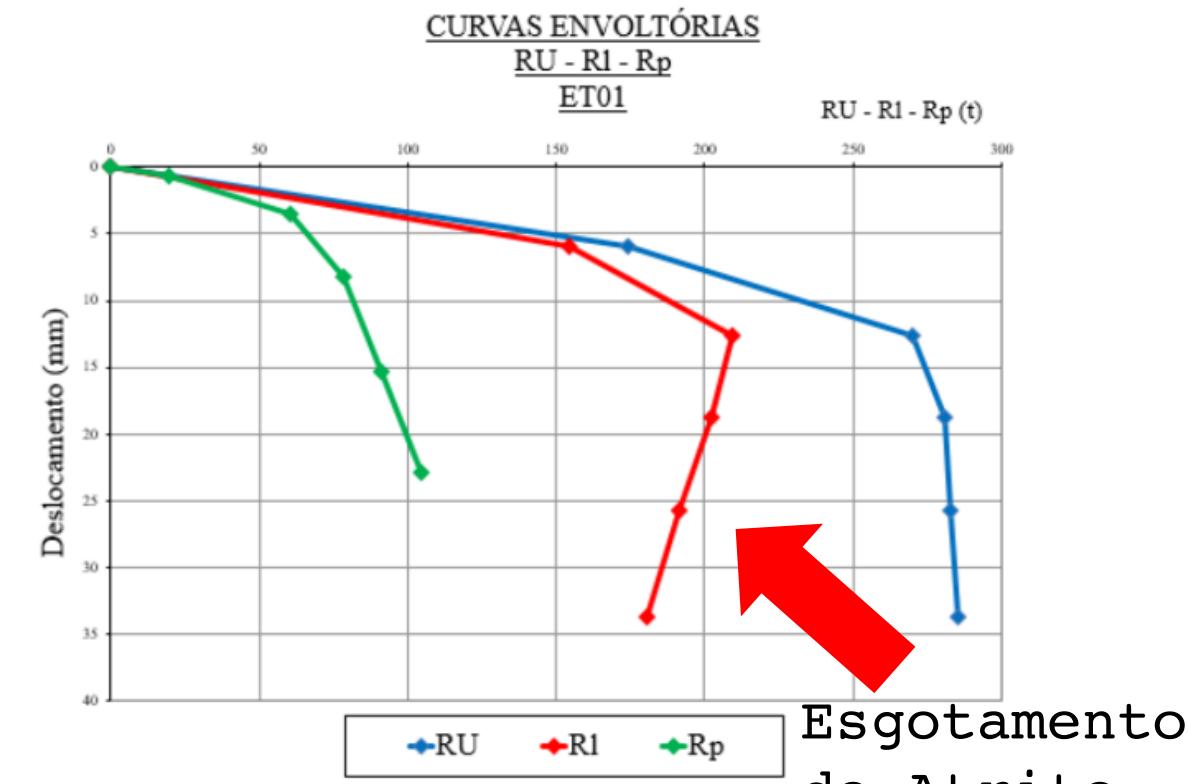
Como a NBR 6122 cita a geotecnia não é uma ciência exata.

Portanto os próximos slides são as minhas **interpretações** com base nos dados, acompanhamento do que foi executado, estudo e discussões com profissionais da área.

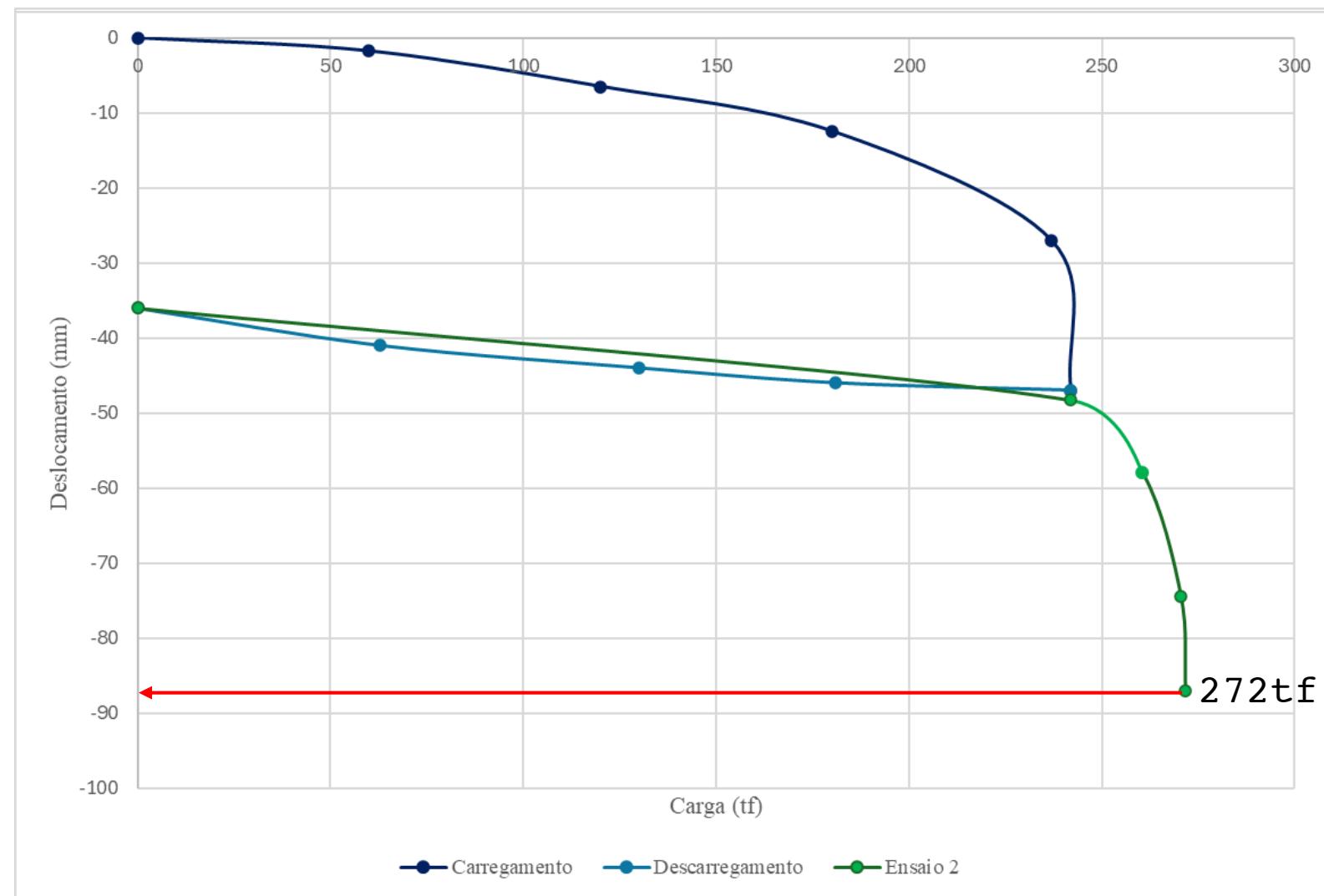
ET-01 400/310mm



Fonte: Relatório
GeoMec



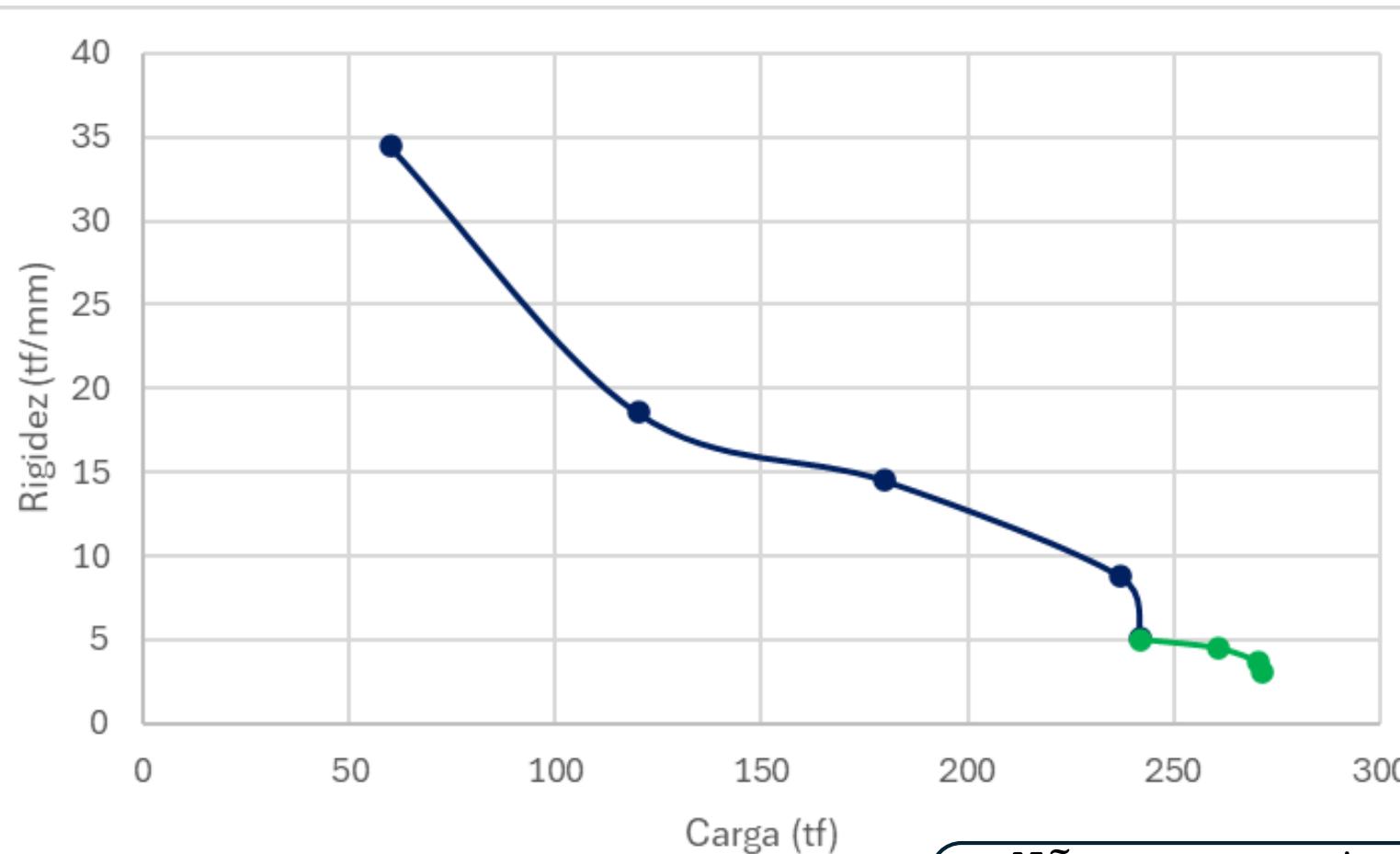
Fonte: Relatório
GeoMec



**Critério de ruptura
adotado 10%D**

Após a PCE conduziu-se um ensaio para “buscar a ponta”.

Deslocamento final 87mm, cravação estática



Não aparenta ter resistência de ponta

Ressalva gráfico da Rigidez

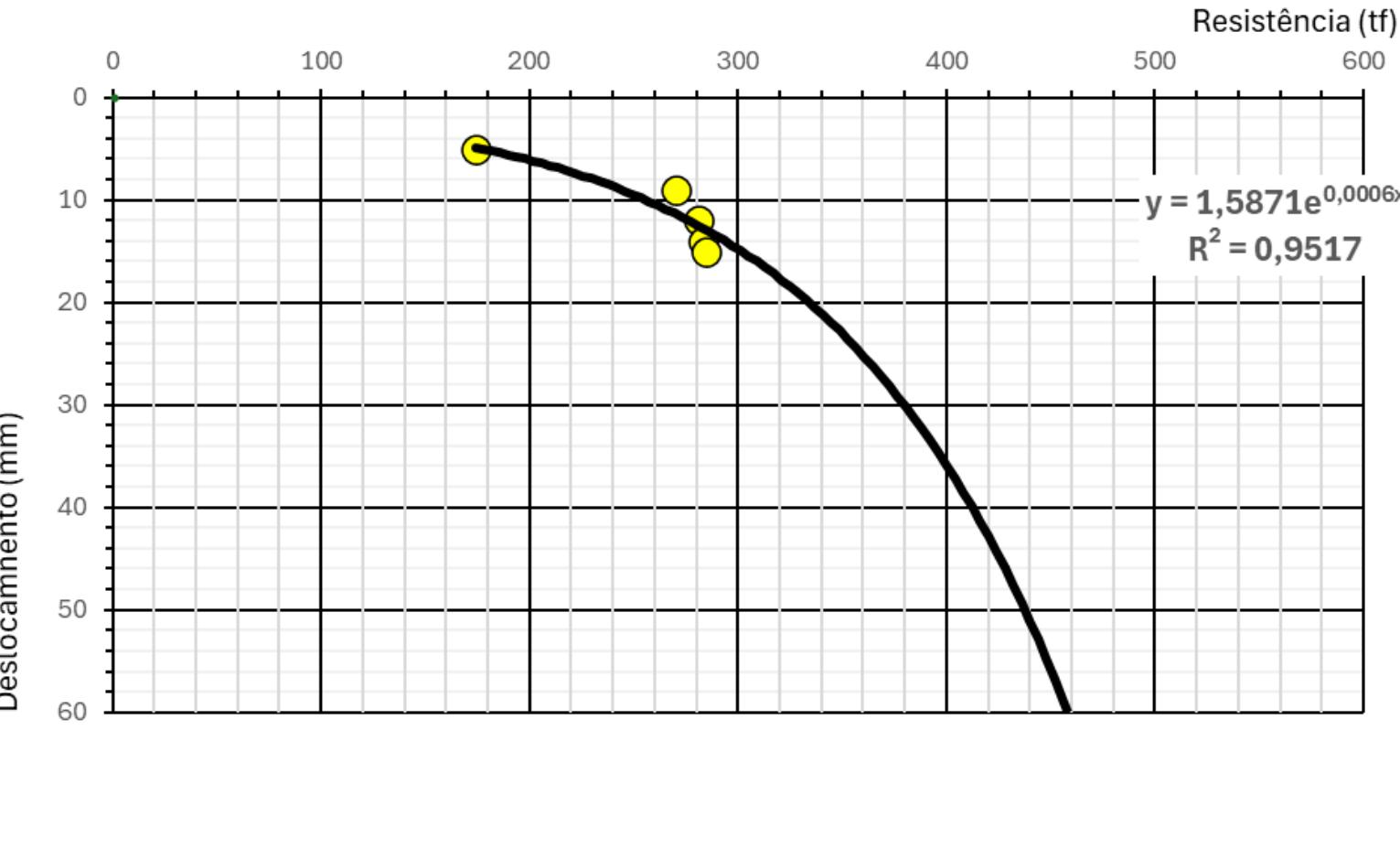
Poucos pontos no carregamento.

Pontos em verde no segundo ensaio, pós descarregamento e incremento de carga desigual.

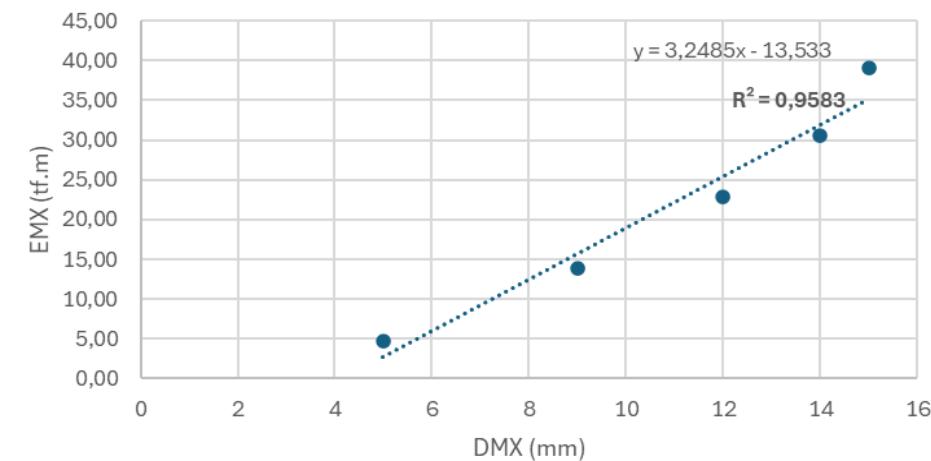
ET-01 Curva DIET:

Execução **GEOMEC**

CURVA CARGA-RECALQUE PROVA DE CARGA DIET



Curva Energética - DIET



Fonte: Autor

ET-01 Avaliação da Resistência

A modelagem a estaca foi dividida em 10 segmentos.

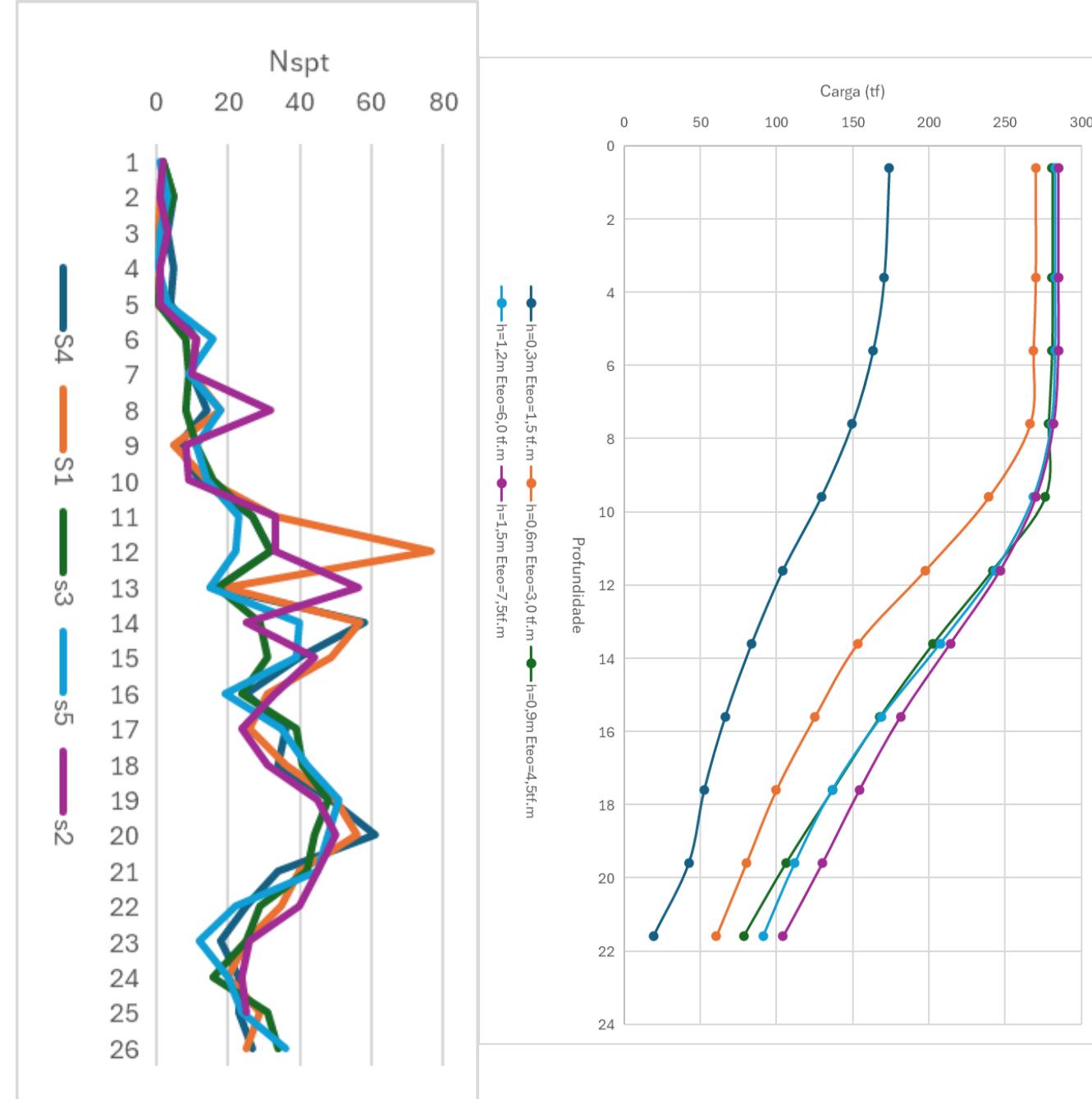
INSTITUTO -22-02; Pile: ET01
RAIZ; Blow: 1
GEOMECA

KL40.1J4/ZUZJ
Test: 22-Mar-2025 14:32:
CAPWAP(R) 2006-3
OP: SERGIO-CLAUDIA-HUDSON

CAPWAP SUMMARY RESULTS								
Total CAPWAP Capacity:			174.0; along Shaft	154.5; at Toe	19.4 tons	Unit Resist.	Unit Resist.	Smith Damping Quake Factor mm
Soil Sgmnt No.	Dist. Below Gages	Depth Below Grade	Ru in Pile	Sum Ru	(Depth)	(Area)	tons/m ²	tons/m ²
1	3.0	2.5	3.3	170.7	3.3	1.30	1.03	0.982 1.413
2	5.0	4.5	7.3	163.5	10.5	3.64	2.89	0.982 1.414
3	7.0	6.5	13.6	149.9	24.1	6.78	5.40	0.982 1.414
4	9.0	8.5	20.4	129.5	44.5	10.20	8.12	0.982 1.414
5	11.0	10.5	25.1	104.4	69.6	12.56	9.99	0.982 1.414
6	13.0	12.5	20.5	83.9	90.1	10.24	8.15	0.982 1.144
7	15.0	14.5	17.3	66.6	107.4	8.63	6.87	0.982 0.869
8	17.0	16.5	13.8	52.8	121.1	6.90	5.49	0.982 0.639
9	19.0	18.5	10.1	42.7	131.3	5.06	4.02	0.982 0.420
10	21.0	20.5	23.3	19.4	154.5	11.64	9.26	0.982 0.250
Avg. Shaft			15.5		7.54	6.00	0.982	1.008
Toe			19.4		257.72	1.313	0.424	
Soil Model Parameters/Extensions					Shaft	Toe		
Case Damping Factor					1.247	0.210		
Unloading Quake (% of loading quake)					100	58		
Reloading Level (% of Ru)					100	100		
Unloading Level (% of Ru)					4			
Resistance Gap (included in Toe Quake) (mm)					0.024			
Soil Plug Weight (tons)					0.92			
CAPWAP match quality = 4.07					(Wave Up Match); RSA = 0			
Observed final set = 0.100 mm;					blow count = 10000 b/m			

Obteve-se o Ru em cada segmento.

Avaliar o
MQ



Fonte: Autor

Setup na estaca em condições comparáveis ao estado virgem sobre o aspecto de atrito lateral Na ponta com o deslocamento na PCE e no ensaio subsequente houve uma **"cravação estática"**, melhorando a ponta.

ET-01 Tabela de Resistências

$$Ru_{10\%D} = 240 \text{ tf}$$

$$R_{final\ ensaio} = 272 \text{ tf}$$

$$R_{Máx\ PDA} = 285 \text{ tf}$$

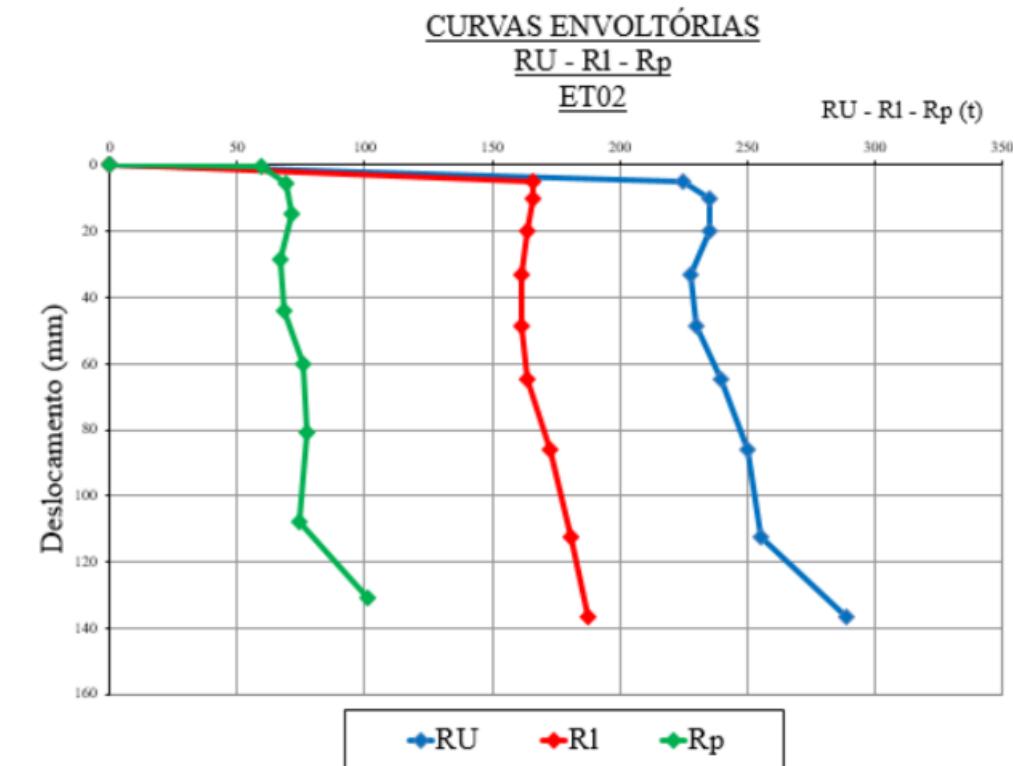
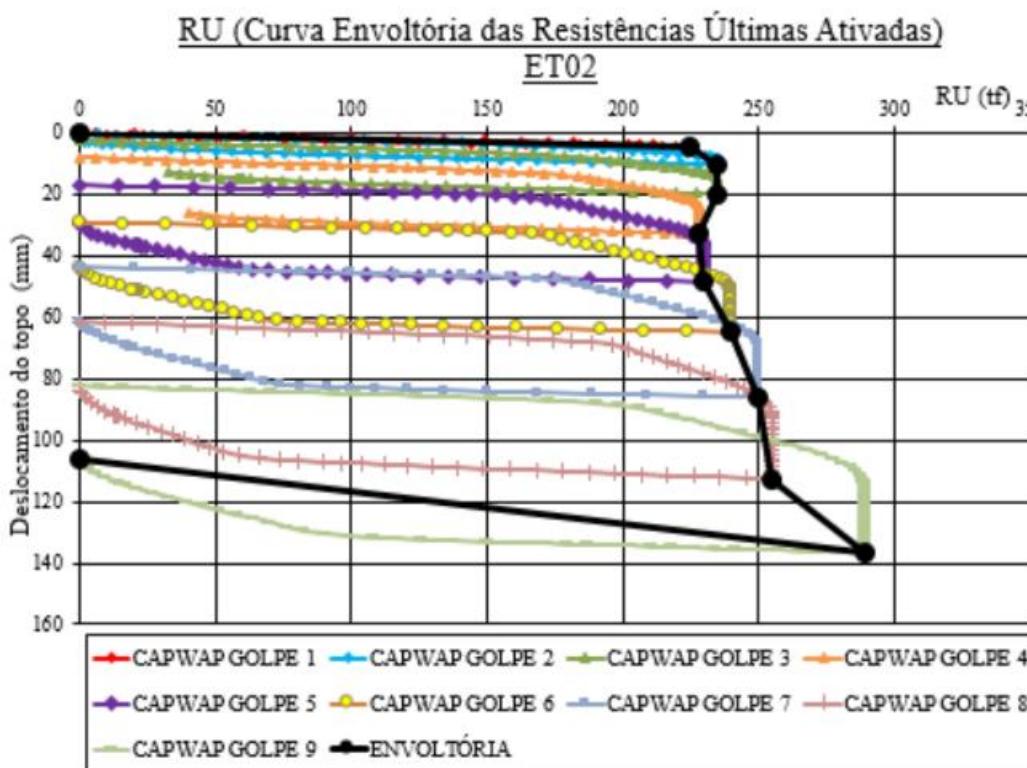
Desloc 87mm

↓ +4,78%

=

	1º golpe	2º golpe	3º golpe	4º golpe	5º golpe
Trecho 400mm	107,5	144,7	112,9	114	103,6
Trecho 310mm	47,2	64,8	89,4	77,7	77
Atrito	154,7	209,5	202,3	191,7	180,6
Ponta	19,4	60,5	78,7	91,3	104,4
Ru(tf)	174,1	270	281	283	285

ET-02 500 / 400mm

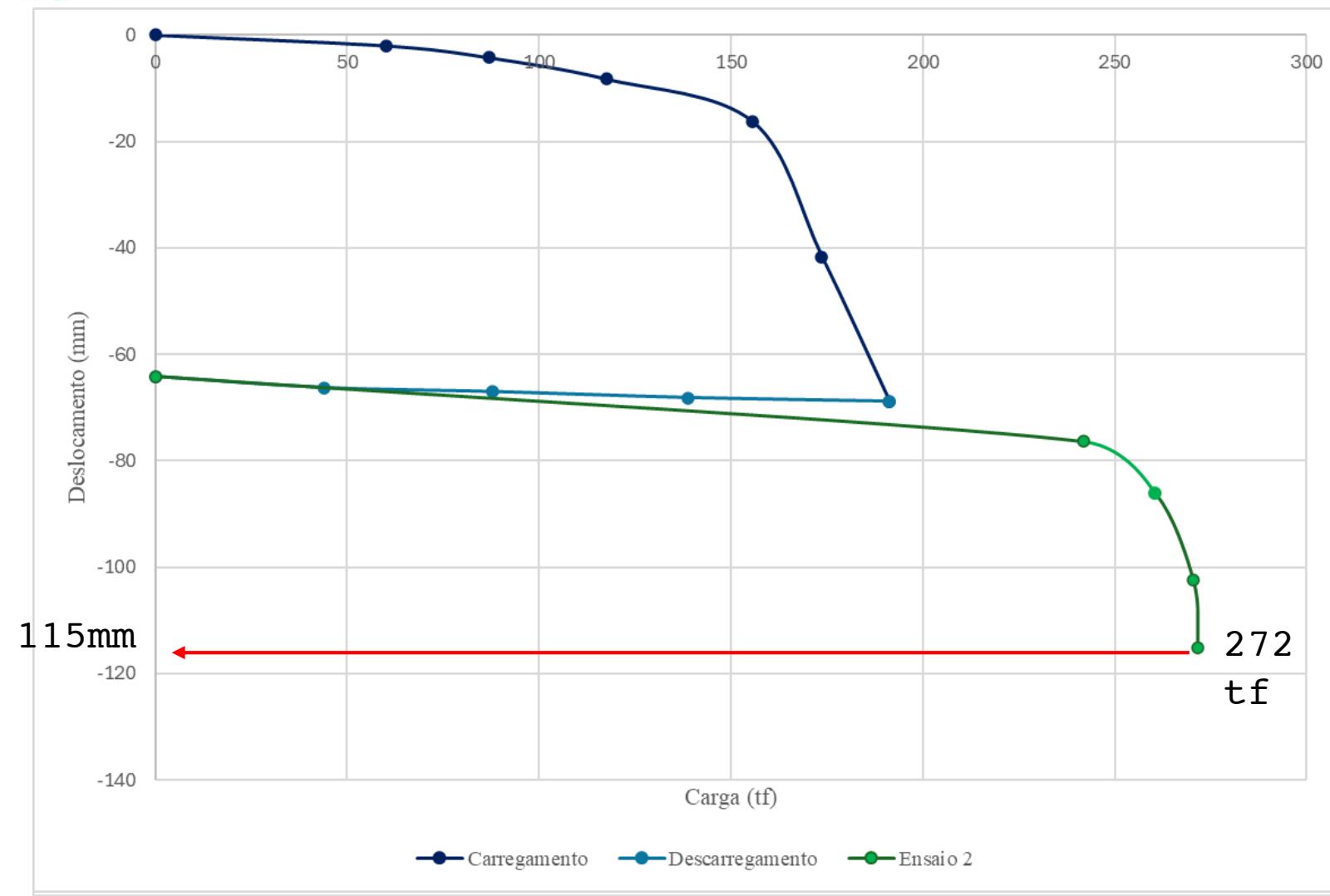


Perda do prumo no
golpe 9, ensaio
paralisado

ET-02 400/310mm

180tf

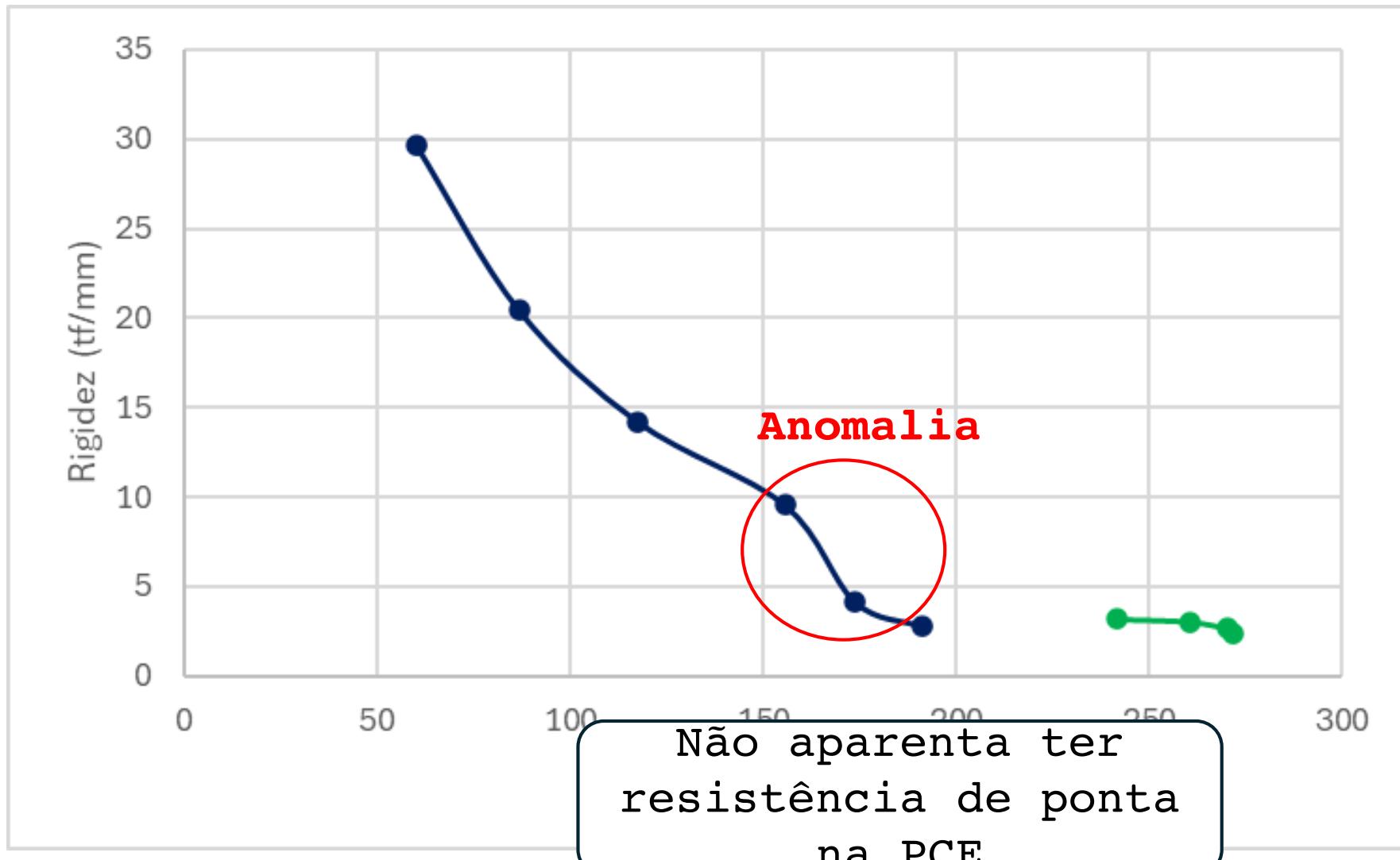
Execução **GEOMEC**
:



Deslocamento final 115 mm, cravação

ET-02 400/310mm

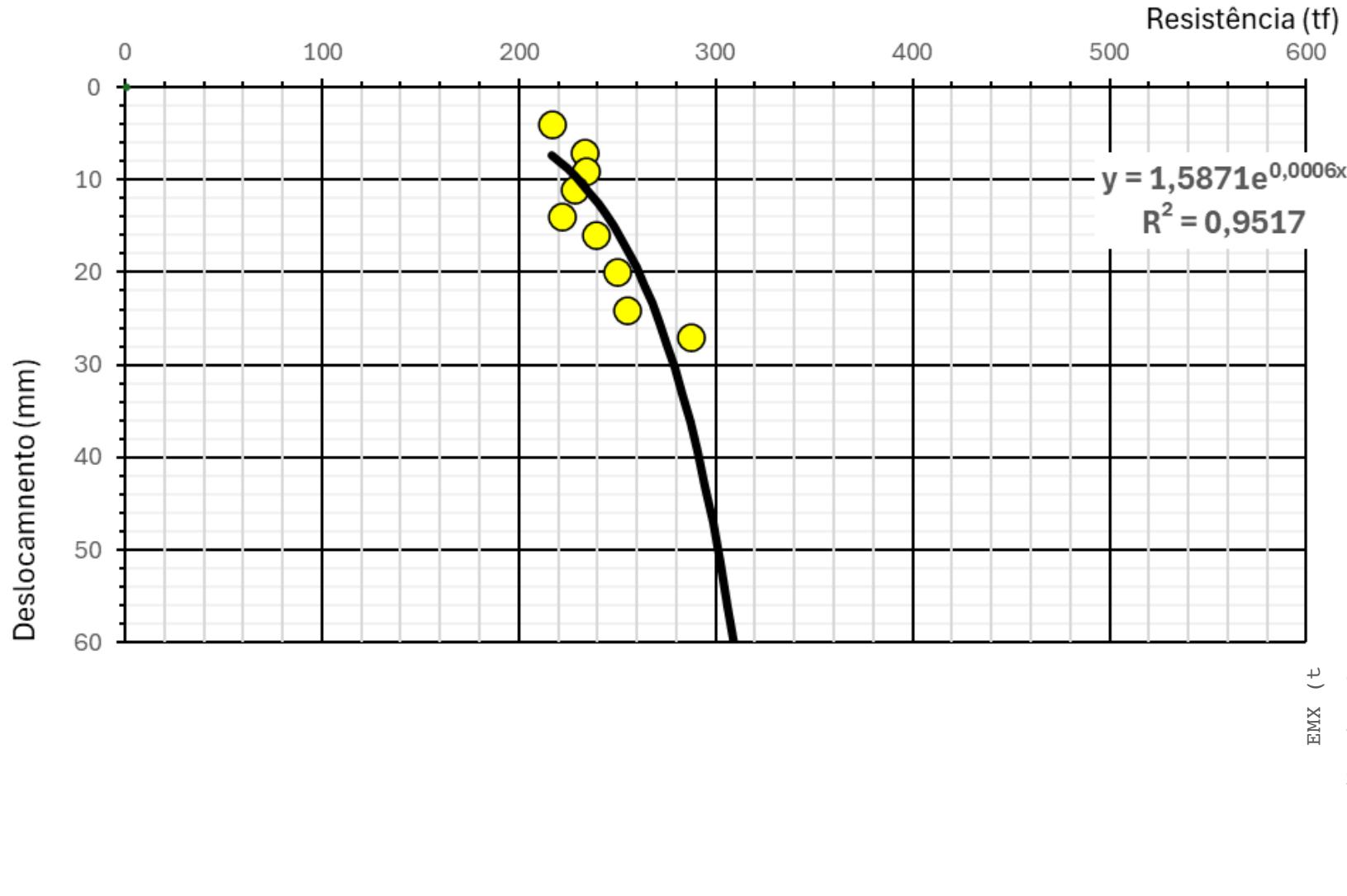
Execução : **GEOMEC**



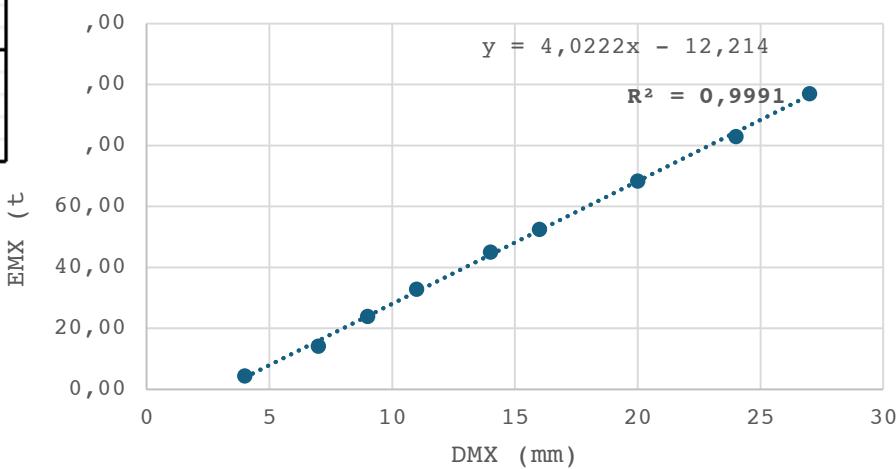
ET-02 Curva DIET

Execução **GEOMEC**

CURVA CARGA-RECALQUE PROVA DE CARGA DIET

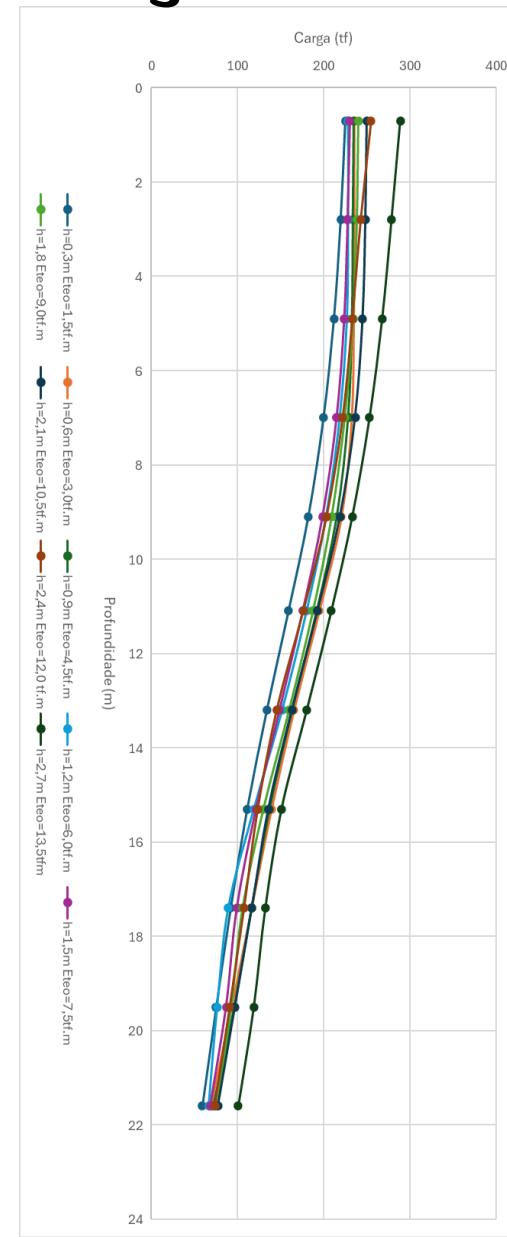
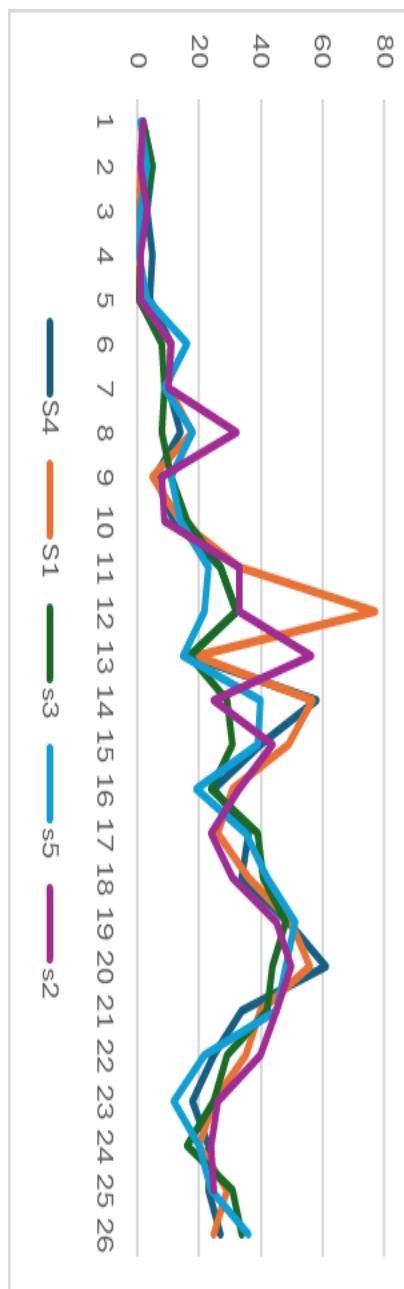


Curva Energética - DIET



ET-01 Distribuição das Resistências

Execução GEOMEC



ET-01 Tabela de Resistências

	1º golpe	2º golpe	3º golpe	4º golpe	5º golpe	6º golpe	7º golpe	8º golpe	9º golpe
Trecho 500mm	113,9	95,7	98	108,9	108,4	110,1	114,1	131,4	137,8
Trecho 400mm	52	70,4	65,6	52,3	53	53,9	58,5	49,8	50
Atrito	165,9	166,1	163,6	161,2	161,4	164	172,6	181,2	187,8
Ponta	59,1	68,9	71,4	66,8	68,7	76	77,4	74	100,9
Ru(tf)	225	235	235	228	230,1	240	250	255,2	288,7

$$Ru_{10\%D} = 180 \text{ tf}$$

Desloc 115

$$R_{final \ ensaio} = 272^{\text{mm}} \text{tf}$$

↓ +6,25%

$$R_{Máx \ PDA} = 289 \text{ tf}$$

Considerações Finais

- Os ensaios foram levados até onde se teve segurança de continuar;
- Entende-se conforme já mencionado que o sistema estacas-solo atingiram a ruptura geotécnica;
- Os resultados do PDA foram próximos aos obtidos na PCE;
- As condições de atrito lateral são próximas as ocorridas na PCE;

Considerações Finais

- O ganho de resistência de ponta ocorreu devido a cravação estática;
- As estacas estão integras;
- ET-01 apresenta um valor de ruptura esperado conforme MSE ;
- ET-02 apresenta valor de ruptura aquém de todas as estimativas, **Entretanto valores da PCE e PDA são convergentes avaliando que as condições são diferentes.**

Agradeço a atenção de todos!

