

14. RESULTADOS OBTIDOS

14.1 Análise sedimentológica e estratigráfica com base em perfis e testemunhos de poços

Neste item serão apresentados os dados obtidos a partir dos poços disponíveis na área de estudo, como perfis geofísicos e descrições de testemunhos, além da interpretação destes dados em termos de ambientes deposicionais e estratigrafia de sequências. O objetivo destas análises é subsidiar, conjuntamente com a análise tectônica dos dados sísmicos, o modelo de evolução tectono-estratigráfica proposto para os evaporitos Horizonte e Paripueira.

14.1.1 Descrição dos poços

No total foram utilizados 7 poços (ver detalhes na Tabela 1), sendo 4 no Baixo de Fazenda Guindaste (1-PA-0001-AL, 2-PEST-0001-AL, 3-FGT-0003-AL e 1-FGT-0002-AL) e 3 no Baixo de Varela (1-HZ-0001-AL, 1-FRO-0001-AL e 1-RN-0002-AL), distribuídos na área de estudo de acordo com a Figura 1.

14.1.1.1 *Poços no Baixo de Varela*

Dentre os poços no Baixo de Varela, que consiste em um semigraben (ver item 16.3 adiante), dois estão na porção mais proximal deste, com o poço 1-HZ-0001-AL bem próximo à borda falhada e o poço 1-FRO-0001-AL também próximo a esta borda e cruzando uma das falhas transversais que ocorrem no flanco SW da estrutura (Figura 1). Como será visto ao longo do item 16.3 mais adiante, a correlação estratigráfica entre estes dois poços não é muito simples, já que diversas falhas deslocam os estratos entre estes. O terceiro poço nesse baixo é o 1-RN-0002-AL, que ocorre na parte mais externa da margem flexural do semigraben, em sua porção mais elevada.

Dos três poços nesta estrutura, apenas o 1-HZ-0001-AL atingiu o embasamento da bacia e os outros dois atingiram, no máximo, a Formação

Barra de Itiúba. Um fato interessante é que o poço 1-HZ-0001-AL, que perfurou o embasamento, foi o mais raso dos três, com 2149 m. Os poços 1-FRO-0001-AL e 1-RN-0002-AL perfuraram 3588 m e 3303 m, respectivamente.

Conforme pode ser visto na Figura 48, os poços 1-HZ-0001-AL, 1-FRO-0001-AL e 1-RN-0002-AL perfuraram as Formações Barreiras, Poção, Maceió, Ponta Verde, Coqueiro Seco (incluindo os Evaporitos Horizonte), Penedo, Barra de Itiúba e o embasamento cristalino pertencente ao Maciço Pernambuco-Alagoas, com as espessuras verticais indicadas na Tabela 12.

Tabela 12 - Espessuras verticais, em metros, das unidades estratigráficas perfuradas pelos poços no Baixo de Varela

Unidade Estratigráfica	Espessura vertical (m)		
	1-HZ-0001-AL	1-FRO-001-AL	1-RN-0002-AL
Fm. Barreiras	95,00	100,00	75,00
Fm. Poção	30,00	-	-
Fm. Maceió	618,00	233,00	-
Fm. Ponta Verde	188,20	64,00	-
Fm. Coqueiro Seco*	1206,30	1386,00	2382,00
Evaporitos Horizonte**	162,15	-	-
Fm. Morro do Chaves	-	324,00	310,00
Fm. Penedo	-	738,00	794,00
Fm. Barra de Itiúba	-	690,00	42,00
Embasamento	4,50	-	-

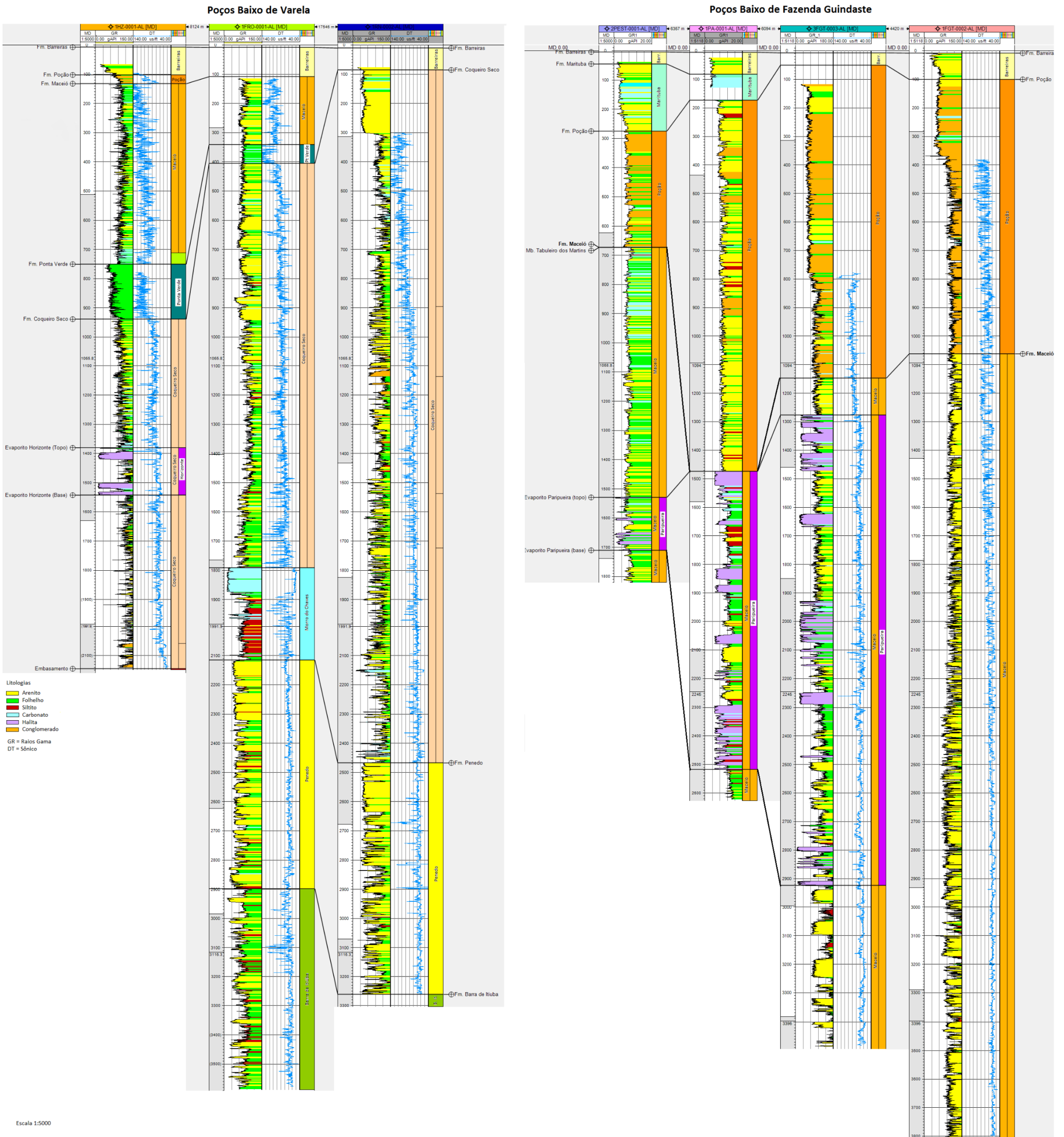
Legenda: *Espessura da Fm. Coqueiro Seco incluindo a espessura dos evaporitos Horizonte.

**Espessura dos evaporitos Horizonte contabilizando todo o intervalo desde o primeiro ao último registro de halita no poço e incluindo os demais sedimentos intercalados.

Fonte: A autora, 2016.

Desses três poços no Baixo de Varela, apenas o poço 1-HZ-0001-AL perfurou os evaporitos Horizonte, que representam um intervalo de 162,15 m de espessura, contabilizando desde o primeiro ao último registro no poço, porém com espessura efetiva de sal (sem contar com os outros sedimentos intercalados) de 57 m, conforme Tabela 13.

Figura 48 – Poços dos Baixos de Varela e de Fazenda Guindaste, com suas formações litoestratigráficas, litologias e perfis de raios gama e sônico.



Escala 1:5000

Fonte: A autora, 2016.

Tabela 13 - Espessura total e efetiva de sal (halita) dos evaporitos Horizonte, nos poços do Baixo de Varela

Evaporitos Horizonte	Espessura total vertical (m) todo o intervalo	Espessura efetiva vertical (m) somente halita
1-HZ-0001-AL	162.15	57.00

Fonte: A autora, 2016.

Neste baixo regional a Formação Barreiras, de idade Neógena, ocorre nos três poços com pouca espessura e quase constante, discordante sobre as formações cretáceas da fase rifte.

A Formação Poção, composta predominantemente por conglomerados depositados em leques aluviais, ocorre somente no poço 1-HZ-0001-AL. Sua ausência nos poços 1-FRO-0001-AL e 1-RN-0002-AL se deve às relações estruturais que causaram movimentação dos blocos de falha dentro do semigraben, causando erosão desta na porção mais proximal e provável não deposição nos contextos mais distais.

A Formação Maceió, ocorre somente nos poços 1-HZ-0001-AL e 1-FRO-0001-AL. No primeiro poço, a Formação Maceió é mais espessa que no segundo e é representada majoritariamente por folhelhos, com delgadas camadas de arenitos e carbonatos lamosos subordinados, apresentando valores de raios gama com variação pequena, porém de alta frequência. No segundo poço, a Formação Maceió apresenta uma proporção maior de arenitos, que chega a ultrapassar a quantidade de folhelhos, fazendo também com que o perfil de raios gama tenha uma variação um pouco maior. A não ocorrência da Formação Maceió no poço 1-RN-0002-AL provavelmente se deve a não deposição desta formação naquele local, que já era mais alto em relação aos locais dos outros poços no momento da deposição, como será visto ao longo do item 14.2. De acordo com a literatura (e.g. Arienti, 2006) e com a descrição de testemunhos da Formação Maceió apresentada no item 14.3 a seguir, esta é composta por depósitos de deltas e turbiditos de lago.

A Formação Ponta Verde também ocorre somente nos poços 1-HZ-0001-AL e 1-FRO-0001-AL, sendo também mais espessa no primeiro poço que no segundo. Esta formação caracteriza-se pela predominância de folhelhos, sendo que no poço 1-HZ-0001-AL esta é a única litologia presente e no poço 1-FRO-0001-AL, além de folhelhos, ocorrem finas camadas de calcilito associadas. A

ausência desta formação no poço 1-RN-0002-AL pode ser explicada pelos mesmos motivos da não ocorrência da Formação Maceió neste local, citados acima.

A Formação Coqueiro Seco é a única que ocorre nos três poços nesta área, sendo mais espessa no poço 1-RN-0002-AL, pois os demais se localizam nos flancos do semigraben, enquanto este está na sua parte mais central. A variação litológica nesta formação é maior do que nas descritas anteriormente, mas a tendência geral é se tornar mais arenosa para o topo em todos os poços, com as camadas de areia mais representativas no poço 1-RN-0002-AL. As porções mais inferiores da Formação Coqueiro Seco se mostram mais ricas em folhelhos com carbonatos delgados subordinados. Além disso, no poço 1-HZ-0001-AL, ocorrem as camadas de halita, que constituem os evaporitos Horizonte. Os sistemas deposicionais em que foram depositados os sedimentos da Formação Coqueiro Seco são lacustre, aluvial e fluvial.

A Formação Morro do Chaves ocorre nos poços 1-FRO-0001-AL e 1-RN-0002-AL, com espessuras de cerca de 300 m, composta predominantemente por siltitos e carbonatos (coquinas) apresentando valores baixos de raios gama na sua parte superior.

A Formação Penedo foi perfurada pelos poços 1-FRO-0001-AL e 1-RN-0002-AL com espessura quase constante e consiste em sua maior parte em arenitos fluviais e aluviais com finas intercalações de siltitos e folhelhos.

Finalmente, a Formação Barra de Itiúba está presente também nos poços 1-FRO-0001-AL e 1-RN-0002-AL, sendo composta predominantemente por folhelhos lacustres com intercalações subordinadas de arenitos e siltitos. Apesar do poço 1-RN-0002-AL ter atingido apenas 42 m nesta formação, os dados sísmicos mostram que neste local sua espessura é bem parecida com a encontrada no poço 1-FRO-0001-AL, com mais 600 m.

14.1.1.2 Poços no Baixo de Fazenda Guindaste

Os quatro poços utilizados no Baixo de Fazenda Guindaste, um semigraben regional, situam-se na sua parte central, com 3 deles (1-PA-0001-AL, 2-PEST-0001-AL e 3-FGT-0003-AL) aproximadamente alinhados na

direção NE, com exceção do poço 1-FGT-0002-AL que está um pouco mais próximo da falha de borda da bacia, em um pequeno alto estrutural local, como pode ser visto no item 14.2 e na Figura 1.

A correlação entre os estes poços é possível, devido aos seus posicionamentos acompanhando a direção das camadas, porém pequenas falhas e alguns deslocamentos laterais podem dificultar um pouco. Detalhes das relações estruturais entre os poços serão mostrados na seção de interpretação dos dados sísmicos no item 16.

Conforme mostrado na Figura 48, os poços do Baixo de Fazenda Guindaste perfuraram as Formações Barreiras, Marituba, Poção e Maceió (incluindo os evaporitos Paripueira), mas não atingiram nenhuma formação mais antiga, como Ponta Verde ou Coqueiro Seco. No entanto, os dados sísmicos mostram a posição destes marcos regionais em relação aos poços do Baixo de Fazenda Guindaste, de forma que foi possível correlacionar estratigraficamente as duas áreas de estudo, conforme será mostrado mais adiante. As espessuras verticais de cada formação perfurada por cada um dos poços no Baixo de Fazenda Guindaste são apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14 - Espessuras verticais, em metros, das unidades estratigráficas perfuradas pelos poços no Baixo de Fazenda Guindaste

Unidade Estratigráfica	Espessura vertical (m)			
	2-PEST-0001-AL	1-PA-0001-AL	3-FGT-0003-AL	1-FGT-0002-AL
Fm. Barreiras	41.20	76.90	43.00	92.00
Fm. Marituba	230.00	91.00	-	-
Fm. Poção	398.00	1300.63	1097.00	962.00
Fm. Maceió*	1147.20	1153.97	2348.00	2750.00
Evaporitos Paripueira**	181.17	1043.49	1647.29	-

Legenda: * Espessura vertical da Formação Maceió incluindo a espessura dos evaporitos Paripueira. **Espessura vertical dos evaporitos Paripueira contabilizando todo o intervalo desde o primeiro ao último registro de halita no poço e incluindo os demais sedimentos intercalados. Fonte: A autora, 2016.

Dentre os três poços que perfuraram os evaporitos Paripueira, as espessuras totais de todo o intervalo evaporítico variaram entre 181,17 m e 1647,29 m, conforme a Tabela 15. Quanto às espessuras efetivas de sal (somente camadas de halita, sem contabilizar os sedimentos intercalados), estas ficaram entre 44,4 e 394,8 m, também conforme a Tabela 15. A causa

para tamanha diferença de espessura entre o poço 2-PEST-0001-AL e os demais é que uma falha normal o atravessa, deslocando assim o pacote evaporítico, de acordo com a interpretação dos dados sísmicos apresentada no item 14.2.

Tabela 15 - Espessura total e efetiva de sal (halita) nos evaporitos Paripueira, nos poços do Baixo de Fazenda Guindaste

Evaporitos Paripueira	Espessura total vertical (m) todo o intervalo	Espessura efetiva vertical (m) somente halita
2-PEST-0001-AL	181.17	44.40
1-PA-0001-AL	1043.49	341.20
3-FGT-0003-AL	1647.29	394.80

Fonte: A autora, 2016.

A Formação Barreiras (Neógeno) foi perfurada nos quatro poços nesta área e ocorre de maneira discordante sobre as demais camadas com espessuras variando entre 41 m e 92 m.

Nos poços 2-PEST-0001-AL e 1-PA-0001-AL ocorre a Formação Marituba, abaixo da Formação Barreiras, sendo composta em sua maior parte, por carbonatos no primeiro poço e mais rica em arenitos, no segundo. Representa depósitos considerados marinhos rasos, de plataforma, de idade entre Cretáceo Superior e Neógeno.

Em seguida, estes quatro poços perfuraram a Formação Poção, que faz parte da fase rifte da bacia, intervalo de interesse deste estudo. Esta formação caracteriza-se pelo predomínio de conglomerados, apesar do poço 1-PA-0001-AL apresentar uma quantidade significativa de arenitos. Seus depósitos representam leques aluviais sin-tectônicos advindos das bordas falhadas do rifte. Foram perfuradas grandes espessuras da Formação Poção nestes poços, com cerca de 1000 m, à exceção do poço 2-PEST-0001-AL com apenas 398 m.

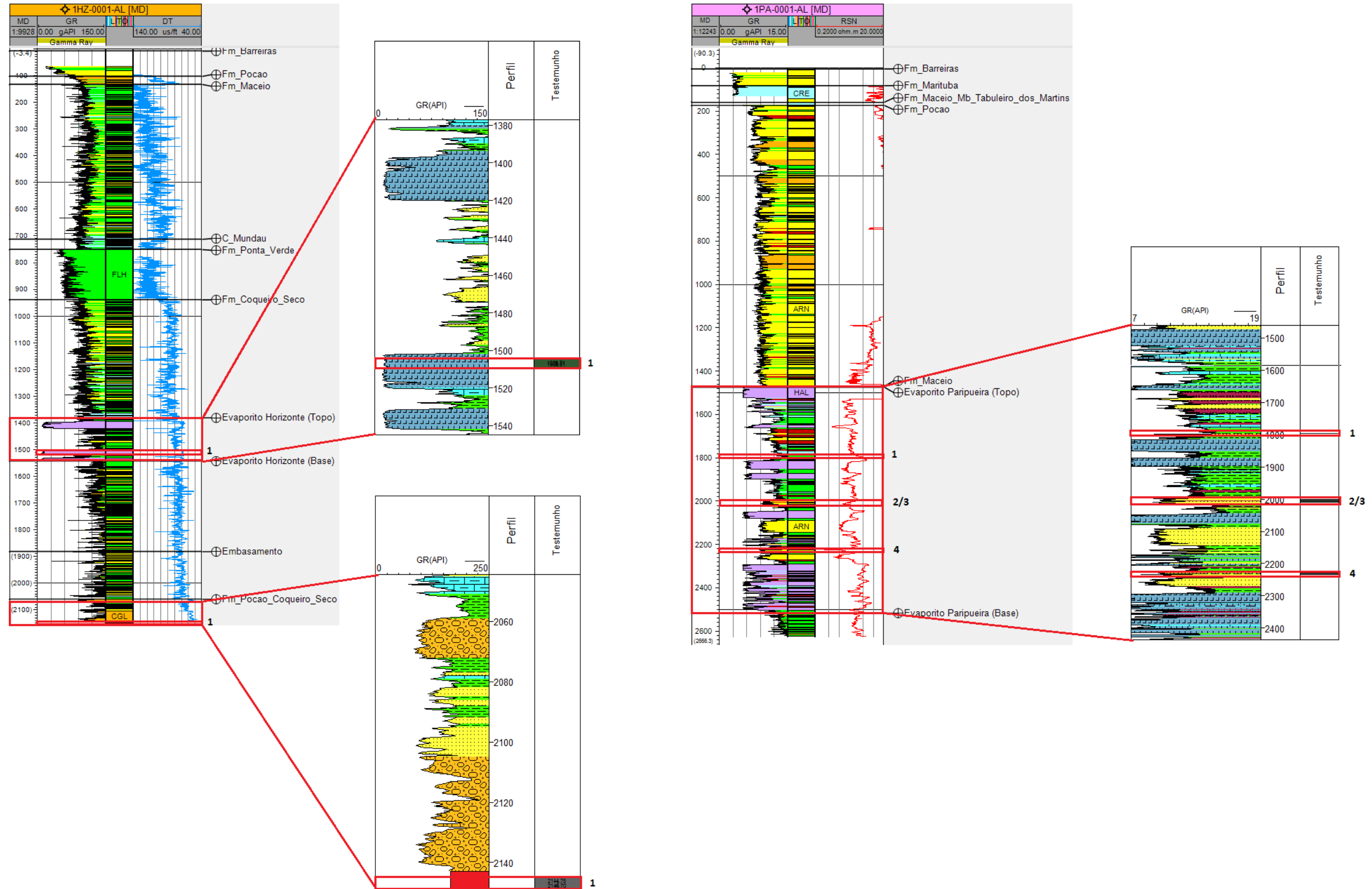
Logo abaixo da Formação Poção, ocorre a Formação Maceió, que hospeda os evaporitos Paripueira. Nos poços situados nas porções mais profundas do Baixo de Fazenda Guindaste (2-PEST-0001-AL, 1-PA-0001-AL e 3-FGT-0003-AL) os sedimentos da Formação Maceió são bastante variados, com ocorrência de halita, arenitos, siltitos, folhelhos e carbonatos, se

alternando com alta frequência. Já o poço 1-FGT-0002-AL, ocorre no trecho central de um anticlinal de *rollover* e apresenta amplo predomínio de arenitos. Os ambientes deposicionais da Formação Maceió são tidos como lacustre e aluvial.

14.1.2 Descrição e interpretação dos testemunhos

Foram descritos testemunhos de dois poços (1-HZ-0001-AL e 1-PA-0001-AL), nas profundidades e com as características indicadas na Figura 49. Os testemunhos do poço 1-HZ-001-AL amostraram diretamente os evaporitos Horizonte e também rochas do embasamento; já no poço 1-PA-0001-AL foram amostrados sedimentos siliciclásticos intercalados entre diversas camadas dos evaporitos Paripueira. O posicionamento final dos testemunhos em relação aos perfis foi feito com base no ajuste entre a curva de raios gama do poço e dos testemunhos (*core gamma*). A classificação de fácies utilizada seguiu o padrão adotado pela Petrobras.

Figura 49 - Posicionamento dos testemunhos descritos em relação aos poços e seus perfis.



Nota: Foram descritos um testemunho de sal e um do embasamento no poço 1-HZ-0001-AL e 4 testemunhos de sedimentos siliciclásticos no poço 1-PA-0001-AL. Fonte: A autora, 2016.

14.1.2.1 Poço 1-HZ-0001-AL

14.1.2.1.1 Testemunho dos evaporitos Horizonte

A Figura 50 mostra as descrições detalhadas de cada caixa do testemunho dos evaporitos Horizonte. Ao longo de todo o testemunho a única litologia identificada foi halita, sempre bandada com faixas claras e escuras e contato gradacional entre si. As faixas claras são menos abundantes do que as escuras e também mais finas, com no máximo 5 cm de espessura, possuindo por vezes forma irregular e levemente ondulada (Figura 51a).

As porções claras são brancas a translúcidas, compostas por halita sem impurezas visíveis, sendo possível distinguir cada grão individualmente, pois são sub-euédricos e de granulometria muito grossa. As faixas escuras possuem coloração acinzentada e também se apresentam um pouco translúcidas, sendo possível notar finas lâminas de argila, que conferem esta tonalidade cinza à rocha. Nestas faixas a halita também é muito grossa, porém os grãos parecem estar em um arranjo mais compacto, de forma que fica mais difícil distingui-los individualmente (Figura 51b, c).

Ocorre também um trecho de cerca de 15 cm no topo do testemunho, que possui cor castanha-avermelhada, com lâminas de aproximadamente 1 mm de folhelho preto visível na superfície da amostra (Figura 51d). Nesta superfície, junto das lâminas de folhelho ocorrem ainda grãos de halita bem formados, de aproximadamente 2 mm e dispersos, possivelmente secundários (Figura 51e). Apesar da cor avermelhada desta parte do testemunho, verificou-se por análise organoléptica que os minerais presentes não são carnalita, mas apenas halita com impurezas (talvez ricas em ferro).

No topo de algumas camadas escuras, foram descritas feições que se assemelham a fraturas de ressecamento, preenchidas por halita escura e lâminas de folhelho (Figura 51f).

Outra feição interessante encontrada nestes testemunhos, é a presença de cristais de halita tipo *hopper* (Figura 52), soltas no fundo da caixa 04, indicando precipitação na superfície da salmoura.

A descrição dos evaporitos Horizonte mostrou somente halita e os perfis corridos no trecho testemunhado do poço exibiram resposta muito bem definida, com valores de raios gama, densidade e sônico quase constantes e de acordo com os padrões esperados para esta litologia. Desta forma, a resposta da perfilagem na parte testemunhada, foi utilizada como parâmetro de correlação para confirmar presença de apenas halita nos trechos não amostrados dos evaporitos Horizonte, com exceção de raras camadas muito delgadas de folhelho (Figura 53).

Os resultados da descrição do testemunho dos evaporitos Horizonte em conjunto com a análise dos perfis mostrou o caráter monominerálico destes ao longo de toda sua ocorrência e evidenciaram sua precipitação na superfície de uma salmoura, que provavelmente dispunha majoritariamente de Cl^- e Na^+ , já que não ocorrem anidrita ou gipsita, que seriam os primeiros minerais a precipitar em uma salmoura marinha típica.

14.1.2.1.2 Testemunho do embasamento

Ainda neste poço foram descritos testemunhos do embasamento cristalino pertencente ao Maciço Pernambuco-Alagoas, que foi perfurado logo abaixo da Formação Coqueiro Seco. As descrições das 04 caixas foram bastante semelhantes e, portanto, será mostrada somente a descrição detalhada da primeira caixa na Figura 54, juntamente com as fotos de detalhe.

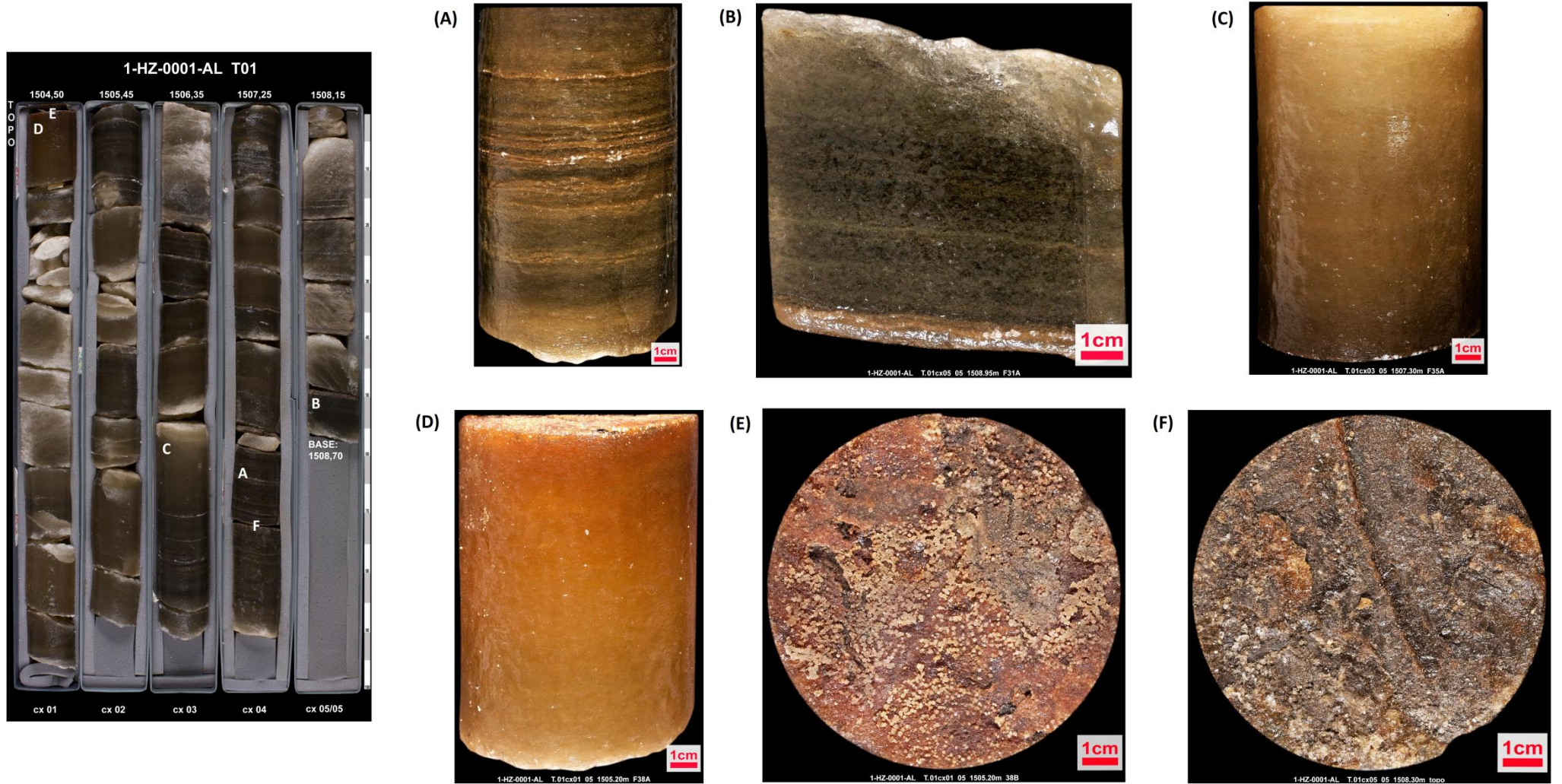
As rochas do embasamento presentes neste poço são gnaisses de composição granítica, com mineralogia composta por quartzo, plagioclásio, feldspato alcalino e biotita de granulação grossa na maior parte da rocha. Também ocorrem porções de granulação média a fina devido à brechação e cominuição de grãos, além de enclaves máficos de granulação muito fina (Figura 54a). Foram identificadas diversas estruturas no gnaisse, como brechas e falhas, porém não foi possível determinar se são de alguma forma relacionadas à tectônica rifte da bacia ou se são anteriores (Figura 54b).

Figura 50 - Descrição detalhada do testemunho dos evaporitos Horizonte. HAI-pp: Halita (granulometria granulosa) com estrutura plano-paralela.

COREG_GR_T2(API)		COREG_GR_T1(API)		GR(API)		DT(?sec/ft)	RHOB(g/cm3)	Perfil	Sondador	Testemunho	Caixa	Amostragem	Granulometria	Imagem Testemunho	Estruturas	Descrição	Fácies
0	150	0	150	0	150	140	402		1504.50		F33A,B	MT BL SR MG WH MF S A					
									1505	1	01					Halita bandada com intercalações de camadas claras e escuras, sendo as escuras provavelmente ricas em sedimentos clásticos. Os 20 cm do topo se mostram como halita castanha oxidada com indícios de exposição sub-aérea.	HAI-pp
									1506	1	02					Halita bandada com camadas claras e escuras, sendo as escuras provavelmente ricas em material clástico. Nas camadas claras há grãos bem formados com cerca de 0,5 cm e algumas camadas de cerca de 1 cm com halita muito grossa e bem formada. Estas camadas são irregulares e levemente onduladas.	HAI-pp
									1507	1	03	F35A F35B				Halita bandada com intercalação de camadas claras com halita pura e camadas escuras ricas em clásticos. Nas camadas claras os grãos são bem formados com cerca de 0,5 cm. Também ocorrem camadas de cerca de 1 cm com halita bem formada, muito grossa.	HAI-pp
									1508	1	04	F34A,B			yy	Halita bandada com intercalação de camadas claras com halita pura, bem formada e camadas escuras ricas em clásticos. Ocorrem camadas de cerca de 1 cm de halita pura, euédica e translúcida com grãos de até 0,5 cm. Em alguns trechos predomina halita castanha oxidada com níveis de folhelho intercalados e fraturas de ressecamento preenchidas por halita translúcida secundária e também um mineral escuro (talvez halita mesmo) com crescimento perpendicular às paredes das fraturas. No fundo da caixa havia placas de halita hopper muito bem formadas de cerca de 0,5 cm.	HAI-pp
									1508.70	1	05	F31A,B			yy	Halita bandada com intercalação de camadas claras com grãos bem formados de cerca de 0,5 cm e escuras (provavelmente ricas em clásticos). Dentro das camadas escuras os grãos são menores do que nas claras. Também ocorrem partes avermelhadas oxidadas com indícios de exposição sub-aérea (fraturas de ressecamento) e alguns grãos apresentam estiramento na horizontal.	HAI-pp

Fonte: A autora, 2016.

Figura 51 - Foto de conjunto e fotos de detalhe do testemunho dos evaporitos Horizonte no poço 1-HZ-0001-AL.



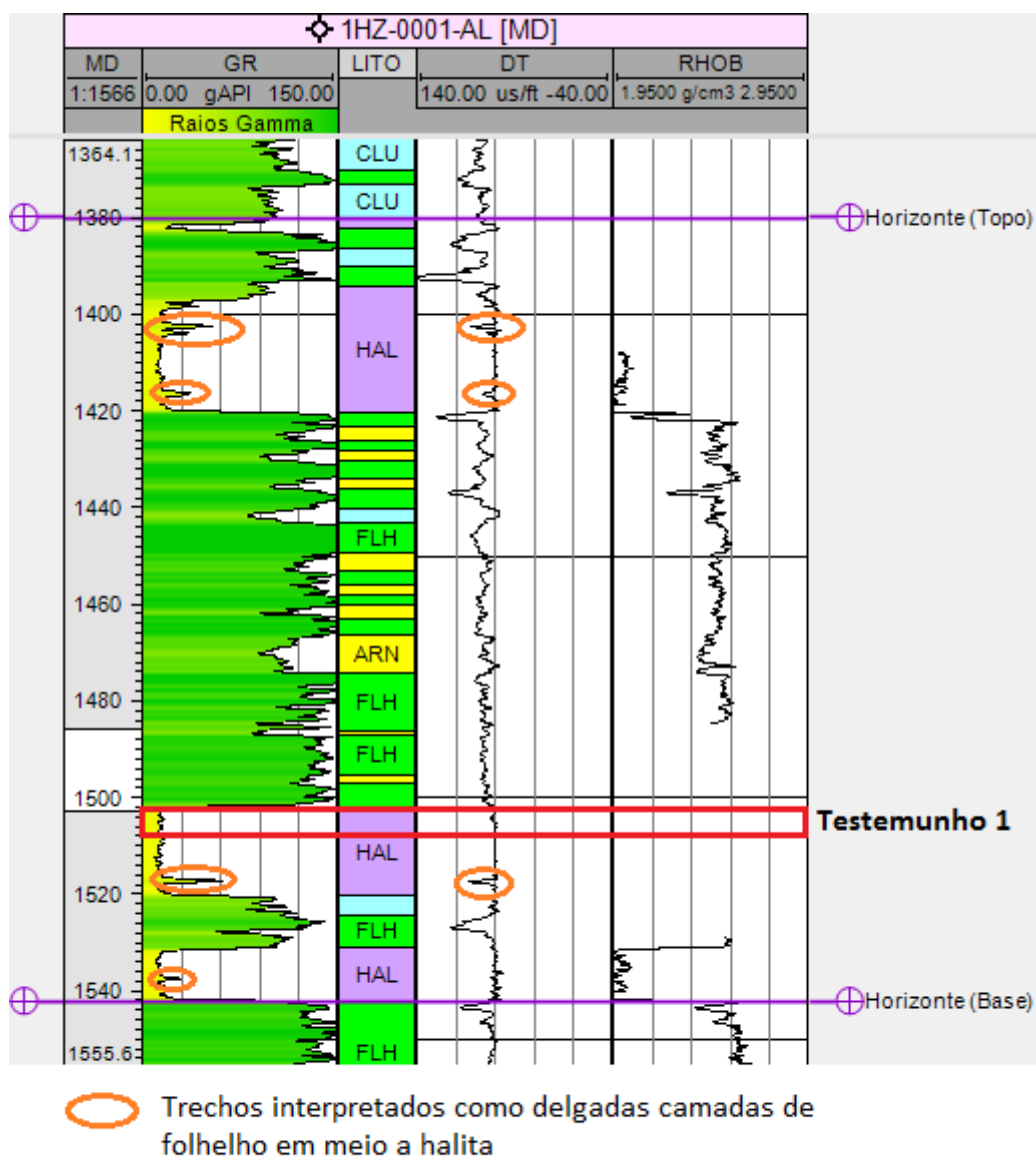
Nota: presença exclusivamente de halita e suas diferentes feições nas fotos de detalhe. As fotos estão descritas de forma detalhada ao longo do texto.
 Fonte: A autora, 2016.

Figura 52 - Cristais de halita tipo hopper, pertencentes a caixa 4 do testemunho dos evaporitos Horizonte.



Fonte: A autora, 2016.

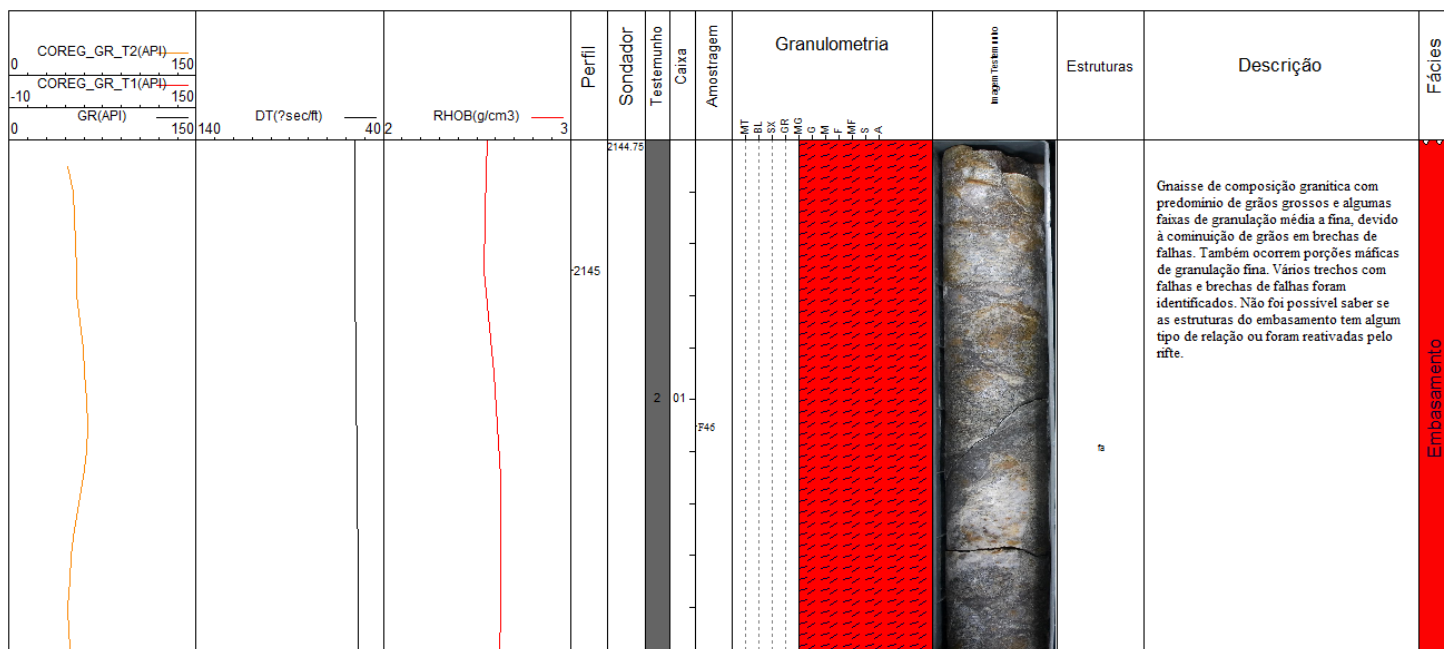
Figura 53 - Resposta da perfilagem para o trecho testemunhado e utilização desta para interpretação dos demais trechos dos evaporitos Horizonte.



Padrão da perfilagem para halita no testemunho utilizada como parâmetro de correlação para interpretar o restante do trecho com evaporitos. **GR: 10 - 15 gAPI, DT: 67 - 70, RHOB: 1,95 - 2,01**

Fonte: A autora, 2016.

Figura 54 - Descrição do testemunho do embasamento, foto de conjunto e fotos de detalhe.



Fonte: A autora, 2016.