



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOFISICA**

CELINA SANTOS MONTEIRO

**INTERPRETAÇÃO DE PERFIS GEOFÍSICOS DE POÇOS
PARA EXPLOTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA
UTILIZANDO A LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA
DE ANOTAÇÃO COM DOIS VALORES – LPA2v**

**GEOCIÊNCIAS
U F P A**

**BELÉM - PARÁ
ABRIL - 2013**

CELINA SANTOS MONTEIRO

**INTERPRETAÇÃO DE PERFIS GEOFÍSICOS DE POÇOS
PARA EXPLOTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA
UTILIZANDO A LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA
DE ANOTAÇÃO COM DOIS VALORES – LPA2v**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geofísica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará - UFPA, em cumprimento às exigências para a obtenção de grau de Bacharel em Geofísica.

Orientador: Prof. MSc. Alberto Leandro de Melo.

**BELÉM - PARÁ
ABRIL - 2013**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

-
- M775i Monteiro, Celina Santos
Interpretação de perfis geofísicos de poços para exploração de água subterrânea utilizando a lógica paraconsistente anotada de anotação com dois valores – LPA2v / Celina Santos Monteiro; Orientador: Alberto Leandro de Melo – 2013
142 f. : il.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em geofísica) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Geofísica, Belém, 2013.

1. Perfilagem Geofísica de poço. 2. Interpretação de perfis de poços. 3. Lógica Paraconsistente Anotada. 4. LPA2v. 5. Água Subterrânea. I. Melo, Alberto Leandro de, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 22^a ed.: 622.15

CELINA SANTOS MONTEIRO

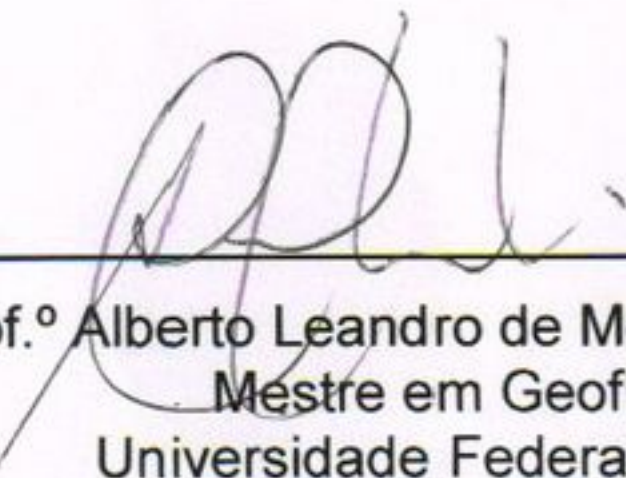
**INTERPRETAÇÃO DE PERFIS GEOFÍSICOS DE POÇOS
PARA EXPLOTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA
UTILIZANDO A LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA
DE ANOTAÇÃO COM DOIS VALORES – LPA2v**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geofísica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará - UFPA, em cumprimento às exigências para a obtenção de grau de Bacharel em Geofísica.

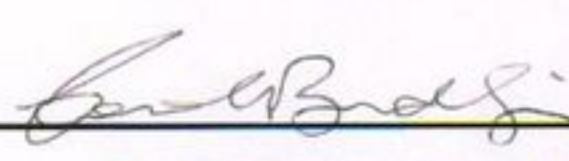
Data de aprovação: 05 /04 /2013

Conceito: Excelente

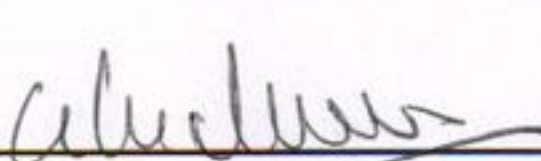
Banca examinadora:



Prof.º Alberto Leandro de Melo – Orientador
Mestre em Geofísica
Universidade Federal do Pará



Prof.ª Carolina Barros da Silva- Membro
Doutora em Geofísica
Universidade Federal do Pará



Prof.º Cristiano Mendel Martins – Membro
Doutor em Geofísica
Universidade Federal do Pará

À memória de meu querido pai Raimundo e de
minha adorável avó Edina e às pessoas que
estiveram ao meu lado incondicionalmente.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao Senhor Jesus Cristo e a Nossa Senhora de Nazaré pela força espiritual prestada a todos os momentos de minha vida.

Às mulheres de minha vida, minha Família amada: minha mãe Maria das Mercedes, minhas irmãs Célia Monteiro, Claudia Monteiro e Lucilene Gonçalves e à minha sobrinha Marina Gonçalves pela Fé, compreensão, carinho, auxílio e confiança a cada dia.

À Universidade Federal do Pará, Faculdade de Geofísica, cujos coadjuvantes principais foram meus professores que forneceram o conhecimento e competência necessária para a consolidação de minha vida acadêmica. Em especial aos professores Jessé Costa, Cristiano Martins, André Andrade, Lúcia Maria, e José Gouveia.

Ao meu orientador Alberto Leandro, impreterivelmente, por acreditar em minha capacidade, por todo apoio, pela compreensão e pelo conhecimento cedido neste trabalho científico e em minha formação acadêmica.

À Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) - (SUREG-BE) pela oportunidade de estágio e emprego, e por conceber todo o auxílio e base para um bom desempenho profissional. Em especial ao Superintendente Manfredo Ximenes, ao Gerente da Hidrologia João Marcelo, e à equipe técnica do RIMAS e SIAGAS: o geólogo Manoel Imbiriba Junior e os técnicos Rosilene Souza, Emanuele Bronze, Nazaré Monteiro, José Messias, Jorge, Santos, Araújo e Mauro Ney por todo o auxílio, apoio, conhecimento e momentos de descontração na empresa.

Aos meus colegas e amigos de profissão que conheci na FAGEOF e que conquistaram todo meu respeito e carinho durante os quatro anos de graduação sejam nas provas da vida quanto nas avaliações acadêmicas e que permanecerão como meus amigos para o resto da vida: Diogo Maia, Eduardo Paixão, Rafael Mansano, Aline Ayako, Bruce Fabini, Jéssica Lia, Ingrid Rocha, Érico Tenório e Fernando Andrade.

À todos os colegas e amigos da Turma de 2010 e 2011. E a todos que forneceram apoio e auxílio consciente e inconsciente para a concretização e solidificação do presente trabalho, cujo agradecimento necessário não caberia em um simples papel.

“Se alguém afirma: Eu sou mentiroso, e se o diz é verdadeiro, então a afirmação é falsa; e se o que diz é falso, então a afirmação é verdadeira”.

Eubúlides de Mileto
(384 – 322 A.C.)

RESUMO

A Interpretação dos perfis geofísicos de poço é marcada pela subjetividade com a qual o intérprete observa a orientação gráfica do dado e pela experiência com a qual este possui a respeito da geofísica de poço. A análise destes perfis gráficos de poços são apresentados e analisados a partir da execução de programas ou software baseados na Lógica Clássica, que por ser binária, não oferece um suporte teórico consistente e coerente para a identificação da litologia do local perfurado. Neste trabalho é apresentado um método que permite soluções de questões reais a qual a Lógica Clássica não é capaz de solucionar, proporcionando uma nova ferramenta que possibilita a leitura e o tratamento de informações contraditórias (ambiguidades). Os resultados apresentados neste trabalho foram desenvolvidos a partir da implementação de um algoritmo denominado “Paranalizador” relacionado à Lógica Paraconsistente Anotada de Anotação com dois valores, caracterizada como uma lógica não clássica. A linguagem deste algoritmo foi programada, adequada e executada em um software interativo de alta performance voltado para o cálculo numérico (The Language of Technical Computing - Matlab). Foram utilizados os perfis geofísicos de dois poços perfurados pelo Departamento de Geofísica (Poço UFPA P4 e Poço Panorama XXI). No processamento Paranalisador foram analisados quatro registros geofísicos (emanação gama natural versus resistividade e potencial elétrico natural versus resistividade), sendo atribuído a cada um dos parâmetros um grau de crença e de descrença permitindo então a análise paralógica. O “Perfil de possibilidades litológicas – LPA2v” estimado pelo Algoritmo Paranalisador para os dois poços processados apresentou uma boa correlação com os resultados dos relatórios técnicos e com a análise geológica realizada pela empresa perfuradora (Femac Geosolo Engenharia) comprovando, desta forma, a eficácia da Lógica Paraconsistente Anotada na interpretação de dados ambíguos observados nos perfis geofísico de poço.

Palavras-chave: Perfilagem Geofísica de poço. Interpretação de perfis de poços. Lógica Paraconsistente Anotada. LPA2v. Água Subterrânea.

ABSTRACT

The interpretation of geophysical profiles of well is marked by subjectivity with which the performer observes the graphical guidance given and the experience with which this has on the Geophysics of the well. The analysis of these wells graphics profiles are presented and analyzed from the running programs or software based on classical logic, which is binary, does not provide a theoretical consistent and coherent support to the identification of lithology profiled site. In this paper is presented a method that allows solutions to real issues which Classical logic is not able to solve, providing a new tool that allows for the reading and the treatment of contradictory information (ambiguity). The results presented in this paper were developed from the implementation of an algorithm called "Paranalizador" related to Paraconsistent Logic Annotated annotation with two values, characterized as a non-classical logic. The language of this algorithm was programmed, and performed in a high-performance interactive software for numerical calculus (The Language of Technical Computing-Matlab). We used the geophysical profiles of two wells profiled by the Department of Geophysics (Borehole UFPA P4 and Well Panorama XXI). Paranalizador processing were analyzed four geophysical records (emanation natural range versus natural electric potential and resistivity versus resistivity), being assigned to each parameter a degree of belief and disbelief allowing then to paralogical analysis. The "Profile of lithological possibilities – LPA2v" estimated by the Paranalizador Algorithm for the two wells processed showed a good correlation with the results of the technical reports and geologic analysis performed by the company drilling (Femac Geosolo engineering), thus proving the effectiveness of Paraconsistent Logic Noted in the interpretation of ambiguous data observed in geophysical profiles well.

Keywords: Geophysical well Logging. Interpretation of well logs. Paraconsistent Annotated Logic. LPA2v. Groundwater.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Imagem do equipamento original de perfilagem geofísica utilizado pelos Irmãos Schlumberger em 1920	23
Figura 02 - Representação esquemática da obtenção do perfil de Raio Gama Natural	27
Figura 03 - Relação comparativa entre a Resistividade das rochas versus porosidade	29
Figura 04 - Modelo comparativo das ferramentas de Resistividade Normal (Normal Curta e Normal Longa)	30
Figura 05 - Esquema da obtenção do perfil de Resistividade mostrando as linhas de correntes que atravessam as camadas litológicas localizadas entre dois eletrodos	30
Figura 06 - Distribuição das correntes elétricas ao redor das camadas permeáveis (parede do poço)	31
Figura 07 - Esquema da obtenção do perfil de Potencial Espontâneo (SP) e do potencial de membrana que ocorre entre as camadas com diferença litológica	33
Figura 08 - Estudiosos pioneiros na proposição de trabalhos que consideravam as contradições na resolução de questionamentos	37
Figura 09 - Classificação das lógicas em clássicas e não clássicas.....	39
Figura 10 - Diagrama de Hasse apresentando o reticulado finito “quatro estados”	41
Figura 11 - Demonstração básica do sistema de uma Análise Paraconsistente	42
Figura 12 - Diagrama de Hasse e sua representação no QUPC	43
Figura 13 - Sinais de entrada binários, μ_1 é o complemento de μ_2	44
Figura 14 - O QUPC e os sinais de entrada binários, μ_1 e μ_2 são iguais a 0 ou 1, independentemente	45
Figura 15 - O QUPC e os sinais de entrada ternários, μ_1 e μ_2 independentes	49
Figura 16 - O QUPC e a linha perfeitamente definida	51

Figura 17 - O QUPC e as regiões subdefinida e sobredefinida	53
Figura 18 - O QUPC e a linha perfeitamente indefinida	53
Figura 19 - O QUPC e as regiões direta e indireta	55
Figura 20 - O QUPC mostrando a união das regiões sobredefinida e indireta.	56
Figura 21 - O QUPC mostrando a união das regiões sobredefinida e direta	56
Figura 22 - O QUPC mostrando a união das regiões subdefinida e indireta.	57
Figura 23 - O QUPC mostrando a união das regiões subdefinida e direta	57
Figura 24 - Reticulado da LPA no plano cartesiano mostrando a adição de novas regiões	58
Figura 25 - Reticulado da LPA no plano cartesiano mostrando a adição de novos pontos	58
Figura 26 - Representação das linhas limite no QUPC.....	59
Figura 27 - Representação da região de totalmente inconsistente no QUPC	60
Figura 28 - Representação da região de totalmente indeterminado no QUPC	60
Figura 29 - Representação da região totalmente de falso no QUPC	61
Figura 30 - Representação da região de totalmente verdadeiro no QUPC.....	61
Figura 31 - Representação da região de quase falso, tendendo ao inconsistente no QUPC	62
Figura 32 - Representação da região de quase falso, tendendo ao indeterminado no QUPC.....	63
Figura 33 - Representação da região de quase verdadeiro, tendendo ao indeterminado no QUPC.....	63
Figura 34 - Representação da região de quase verdadeiro, tendendo ao inconsistente no QUPC	64
Figura 35 - Representação da região de inconsistente, tendendo ao falso no QUPC.....	64

Figura 36 - Representação da região de inconsistente, tendendo ao verdadeiro no QUPC.....	65
Figura 37 - Representação da região de indeterminado, tendendo ao falso no QUPC	65
Figura 38 - Representação da região de indeterminado, tendendo ao verdadeiro no QUPC	66
Figura 39 - Representação do eixo do grau de contradição	67
Figura 40 - Representação do eixo do grau de certeza	67
Figura 41 - Representação dos estados extremos e não extremos com $V_{scct} = V_{scc} = 1/2$ e $V_{icct} = V_{icc} = -1/2$	69
Figura 42 - Representação simbólica dos estados extremos e não extremos com $V_{scct} = V_{scc} = 1/2$ e $V_{icct} = V_{icc} = -1/2$...	69
Figura 43 - Representação do Reticulado QUPC com o Reticulado Gc-Gct mostrando as regiões lógicas utilizadas no algoritmo paraconsistente	70
Figura 44 - Diagrama de blocos com as etapas necessárias para a obtenção do perfil de análise	81
Figura 45 - Sistema especialista paraconsistente utilizado apenas para análise visual das proposições baseadas na Interpretação de perfis geofísicos de poços via LPA2v	84
Figura 46 - Rede de sistema especialista paraconsistente para análise da proposição “Interpretação de perfis geofísicos de poços para exploração de água subterrânea utilizando a lógica paraconsistente anotada de anotação com dois valores – lpa2v”	84
Figura 47 - Associação dos estados lógicos do reticulado QUPC ao reticulado Gc e Gct na análise dos dados dos perfis geofísicos de poços	85
Figura 48 - Perfis Geofísicos do Poço UFPAP4 após edição e processamento	88
Figura 49 - Reticulado QUPC e Gc - Gct com as definições qualitativas litológicas OR para o Poço UFPAP4 analisadas ponto a ponto no perfil	89
Figura 50 - Reticulado QUPC e Gc - Gct com as definições qualitativas litológicas AND para o Poço UFPAP4 analisadas ponto a ponto no perfil	90

Figura 51 - Reticulado QUPC e Gc - Gct com as definições qualitativas litológicas para o Poço UFPAP4 analisadas apenas com o par (μ 1A, μ 1B) .	90
Figura 52 - Perfil de possibilidades Litológicas “Modelo Conectivo OR”– LPA2v para o Poço UFPAP4	91
Figura 53 - Perfil de possibilidades Litológicas “Modelo Conectivo AND”– LPA2v para o Poço UFPAP4	92
Figura 54 - Perfil de possibilidades Litológicas para o Poço UFPAP4 baseado no par (μ 1A, μ 1B)	93
Figura 55 - Comparação entre os perfis geofísico, geológico e LPA2v no trecho de 61,00 m e 69.00 m	94
Figura 56 - Comparação entre os perfis geofísico, geológico e LPA2v no trecho de 110,00 m e 120.00 m	94
Figura 57 - Perfis Geofísicos do Poço PANORAMA XXI após edição e processamento	95
Figura 58 - Reticulado QUPC e Gc - Gct com as definições qualitativas litológicas OR para o Poço PANORAMA XXI analisadas ponto a ponto no perfil	96
Figura 59 - Reticulado QUPC e Gc - Gct com as definições qualitativas litológicas AND para o Poço PANORAMA XXI analisadas ponto a ponto no perfil	97
Figura 60 - Reticulado QUPC e Gc - Gct com as definições qualitativas litológicas para o Poço PANORAMA XXI analisadas apenas com o par (μ 1A, μ 1B)	97
Figura 61 - Perfil de possibilidades Litológicas “Modelo Conectivo OR”– LPA2v para o Poço PANORAMA XXI	98
Figura 62 - Perfil de possibilidades Litológicas “Modelo Conectivo AND”– LPA2v para o Poço PANORAMA XXI	99
Figura 63 - Perfil de possibilidades Litológicas para o Poço PANORAMA XXI baseado no par (μ 1A, μ 1B)	100
Figura 64 - Comparação entre os perfis geofísico, geológico e LPA2v no trecho de 50,00 m e 70.00 m	101
Figura 65 - Comparação entre os perfis geofísico, geológico e LPA2v no trecho de 100,00 m e 110.00 m	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 -	Evolução histórica das técnicas de perfilagem geofísica	24
Tabela 02 -	Valores de API identificáveis para algumas litologias	26
Tabela 03 -	Valores-verdade para sinais de entrada binários, μ_1 e μ_2 são independentes	45
Tabela 04 -	Valores-verdade para sinais resultantes da aplicação do <i>Operador Not</i> para sinais de entrada binários, μ_1 e μ_2 são independentes	46
Tabela 05 -	Valores-verdade da aplicação dos conectivos <i>OR</i> e <i>AND</i> para sinais de entrada μ_1 e μ_2 binários e independentes	47
Tabela 06 -	Valores-verdade da aplicação dos conectivos <i>OR</i> e <i>AND</i> para as proposições A e B	48
Tabela 07 -	Denominações dos estados não extremos atribuídos ao reticulado da LPA2v	49
Tabela 08 -	Valores-verdade na aplicação do operador <i>NOT</i> para sinais de entrada ternários, onde μ_1 e μ_2 são independentes.....	50
Tabela 09 -	Valores do Grau de Certeza e Grau de Contradição das regiões definidas no QUPC de resolução 12 representativo da LPA2v	68
Tabela 10 -	Proposição Arenito	79
Tabela 11 -	Proposição Calcário	79
Tabela 12	Proposição Argila	80
Tabela 13 -	Proposição Água	80

LISTA DE SÍMBOLOS

μ_1	-	Grau de Crença
μ_2	-	Grau de Descrença
G_c	-	Grau de Certeza
G_{ct}	-	Grau de Contradição
G_v	-	Grau de Verdade
G_f	-	Grau de Falsidade
G_{id}	-	Grau de indeterminação
G_{it}	-	Grau de inconsistência
V	-	Verdadeiro
F	-	Falso
T	-	Inconsistente
\perp	-	Indeterminado
$V \rightarrow T$	-	Verdadeiro tendendo ao Inconsistente
$V \rightarrow \perp$	-	Verdadeiro tendendo ao Indeterminado
$F \rightarrow T$	-	Falso tendendo ao Inconsistente
$F \rightarrow \perp$	-	Falso tendendo ao Indeterminado
$Q_v \rightarrow T$	-	Quase Verdadeiro tendendo ao Inconsistente
$Q_v \rightarrow \perp$	-	Quase Verdadeiro tendendo ao Indeterminado
$Q_f \rightarrow T$	-	Quase Falso tendendo ao Inconsistente
$Q_f \rightarrow \perp$	-	Quase Falso tendendo ao Indeterminado
$T \rightarrow v$	-	Inconsistente tendendo ao Verdadeiro
$T \rightarrow f$	-	Inconsistente tendendo ao Falso
$\perp \rightarrow v$	-	Indeterminado tendendo ao Verdadeiro
$\perp \rightarrow f$	-	Indeterminado tendendo ao Falso
V_{scc}	-	Valor superior de Controle de Certeza
V_{scct}	-	Valor superior de Controle de Contradição
V_{icc}	-	Valor inferior de Controle de Certeza
V_{icct}	-	Valor inferior de Controle de Contradição
p	-	Proposição
\wedge	-	Conectivo Lógico da Conjunção ou “AND”
\vee	-	Conectivo Lógico da Disjunção ou “OR”

- \neg ou \sim - Conectivo Lógico da Negação
- \rightarrow - Implicação Lógica
- μ_1R - Grau de Crença resultante
- μ_2R - Grau de Descrença resultante

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	PERFILAGEM GEOFÍSICA DE POÇOS	22
2.1	NOTA HISTÓRICA	22
2.2	PERFIL DE RAIOS GAMA NATURAL	25
2.3	PERFIL RESISTIVIDADE (RE)	27
2.4	PERFIL POTENCIAL ESPONTÂNEO (SP)	31
2.5	PERFIS E MATERIAIS ADICIONAIS UTILIZADOS NA INTERPRETAÇÃO/ANÁLISE DA PERFILAGEM EM POÇOS DE ÁGUA	33
3	LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA DE ANOTAÇÃO COM DOIS VALORES- LPA2v	35
3.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	35
3.1.1	A história da lógica	35
3.1.2	Lógicas Clássicas e Não Clássicas	37
3.2	A LÓGICA PROPOSICIONAL PARACONSISTENTE ANOTADA DE ANOTAÇÃO COM DOIS VALORES (LPA2v)	40
3.3	O ESTUDO DO RETICULADO ASSOCIADO À LPA2v ATRAVÉS DO QUADRADO UNITÁRIO DO PLANO CARTESIANO (QUPC)	43
3.4	INTERPRETAÇÃO DÀ LPA2v NO QUPC COM OS SINAIS DE ENTRADA MULTIVALORADOS	44
3.4.1	Valores de Graus de Crença e de Descrença Binários e Complementares	44
3.4.2	Valores de Graus de Crença e de Descrença Binários e não Complementares	45
3.4.2.1	<i>Operadores lógicos NOT, OR e AND</i>	46
3.4.3	Valores de Graus de Crença e de Descrença Ternários e não Complementares	48
3.5	GRAUS DE CRENÇA E DESCRENÇA NO QUPC DE VALORES CONTÍNUOS COM INTENSIDADES VARIÁVEIS COM O TEMPO	50
3.6	O QUADRADO UNITÁRIO DO PLANO CARTESIANO DE RESOLUÇÃO 12	58

3.7	REPRESENTAÇÃO DO RETICULADO A PARTIR DOS VALORES DOS GRAUS DE CERTEZA E DE CONTRADIÇÃO	66
4	O ALGORITMO PARANALISADOR	71
5	DESCRIÇÃO DO SISTEMA LPA2v DESENVOLVIDO PARA A INTERPRETAÇÃO DOS PERFIS GEOFÍSICOS DE POÇOS PARA EXPLOTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA	75
5.1	ANÁLISE E CARACTERÍSTICAS DAS SENTENÇAS AFIRMATIVAS SER ARGILA/ ARENITO A PARTIR DA ANÁLISE PARACONSISTENTE DOS PERFIS COMBINADOS	75
5.2	PROPOSIÇÕES E DEFINIÇÕES DOS SENSORES GEOFÍSICOS COM BASE NA LPA	76
5.3	ELABORAÇÃO DO SISTEMA LPA2v E A SEQUÊNCIA DO TRATAMENTO DOS DADOS	81
6	RESULTADOS	88
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	103
	REFERÊNCIAS	105
	APÊNDICES	107
	APÊNDICE A - PRIMEIRA TABELA DE VALORES-VERDADE DOS CONECTIVOS OR E AND PARA SINAIS DE ENTRADA TERNÁRIOS	108
	APÊNDICE B - SEGUNDA TABELA DE VALORES-VERDADE DOS CONECTIVOS OR E AND PARA SINAIS DE ENTRADA TERNÁRIOS	109
	APÊNDICE C - TERCEIRA TABELA DE VALORES-VERDADE DOS CONECTIVOS OR E AND PARA SINAIS DE ENTRADA TERNÁRIOS	110
	ANEXOS	111

ANEXO A - RETICULADO QUPC COM OS 12 ESTADOS LÓGICOS ADAPTADOS À INTERPRETAÇÃO DOS PERFIS GEOFÍSICOS DE POÇO	112
ANEXO B - “PERFIL DE POSSIBILIDADES LITOLÓGICAS DEFINIDAS PELA LPA2v” (POÇO UFPAP4) MAPEADO PELO PERFIL NGAM X SPR	113
ANEXO C - “PERFIL DE POSSIBILIDADES LITOLÓGICAS DEFINIDAS PELA LPA2v” (PANORAMA XXI) MAPEADO PELO PERFIL NGAM X SPR	114
ANEXO D - RELATÓRIO TÉCNICO UFPA P4 – PERFILAGEM GEOFÍSICA	115
ANEXO E - RELATÓRIO TÉCNICO PANORAMA XXI – PERFILAGEM GEOFÍSICA	121
ANEXO F - PERFIL GEOLÓGICO DO POÇO UFPA P4	128
ANEXO G - PERFIL GEOLÓGICO DO POÇO PANORAMA XXI ...	129
ANEXO H - LISTA DE CÓDIGOS LPA2v	130

1 INTRODUÇÃO

A Perfilagem Geofísica de Poço (PGP) é a área da Geofísica que estuda propriedades geológicas e petrofísicas das rochas que permeiam a região do poço, através de informações obtidas e registradas por diversas ferramentas que percorrem o interior de um poço.

A interpretação destas informações podem inferir, a respeito das propriedades, características dos pacotes rochosos ao redor do poço. A importância de se conhecer tais propriedades características se refere às afirmativas do potencial quantitativo de rochas reservatórios, isto é, rochas armazenadoras de fluidos (petróleo, gás ou água subterrânea). Embora os estudos aqui apresentados e desenvolvidos possam ser aplicados a qualquer tipo de poço (petróleo, mineração), neste trabalho iremos focalizar as análises e processos apenas a dados relacionados à água subterrânea.

Água subterrânea é toda água que se encontra abaixo da superfície da Terra percolando o interior do subsolo, preenchendo os poros e/ou vazios intergranulares das rochas sedimentares ou fraturas e/ou fissuras de rochas compactadas. As águas subterrâneas desempenham um papel importante no ciclo hidrológico, contribuindo para o fluxo dos mananciais (rios, lagos, brejos, etc.), para a manutenção da umidade do solo e para a manutenção do ciclo já que constituem a parte fluida precipitada durante o processo, e assim, crucial para o desenvolvimento humano.

Em especial, para a Hidrologia, a perfilagem geofísica de poço é necessária para a certificação das características exploratórias de um aquífero. É ferramenta que melhor indica tais características (melhores aquíferos).

Os resultados obtidos com a Perfilagem Geofísica de Poço (PGP) podem indicar a localização das rochas reservatórios (aquíferos). Uma sondagem bem executada e bem interpretada resulta em conclusões satisfatórias sobre os aquíferos, isto é, indica a melhor localização em que devem ser inseridos os filtros.

Nery (2004) infere que a “qualidade” da interpretação depende está associada à “qualidade” dos perfis geofísicos obtidos durante a perfilagem e da experiência do intérprete/operador.

Durante o processo da interpretação dos perfis é usual a observação de ambiguidades ou inconsistências nos dados obtidos durante as sondagens. Esta incoerência está associada à existência dos diversos tipos de sedimentos e /ou rocha (com ou sem fluidos), da disposição estrutural de sedimentos/rochas e das propriedades físicas das rochas e estruturas que apresentam assinaturas semelhantes para determinadas ferramentas geofísicas.

Em virtude de uma rocha não ser homogênea e ser definida por diversas outras propriedades físicas e litológicas, os perfis geofísicos únicos e exclusivos não podem definir com exatidão suas características, apenas indicar possibilidades.

Em suma, na maioria das vezes, esta análise/interpretação é realizada de forma visual qualitativa, por um especialista em PGP, ou com o auxílio de um programa computacional específico que possibilite uma convergência mais aceitável para o modelo geológico analisado.

As ferramentas computacionais mais usuais que analisam e interpretam de forma automática os dados geofísicos de poço são as Redes Neurais, Lógicas Fuzzy, Algoritmos Genéticos entre tantos. Todos estes algoritmos apresentam vantagens e desvantagens, deixando ainda em aberto o caminho na busca de um algoritmo mais eficiente.

O presente trabalho propõe uma nova alternativa de análise e interpretação dos perfis de poços aplicados à água subterrânea através de uma análise heurística, baseada no conhecimento do especialista, via Lógica Paraconsistente Anotada (LPA). Será implementado o Algoritmo Paranalizador da Lógica Paraconsistente Anotada de Anotação com Dois Valores (LPA2v) a fim de tratar as inconsistências e ambiguidades encontradas nos perfis de poços, fornecer informações qualitativas mais coerentes a respeito das rochas reservatórios (aquíferos), e definir um perfil gráfico de probabilidade coerente ao perfil litológico para informar o posicionamento mais adequado dos filtros no poço perfurado e perfilado.

A LPA é uma nova classe das lógicas Não clássicas, possuindo uma linguagem com características bem distintas tratando de dados com ambiguidades e inconsistências. De modo a propor alternativas aceitáveis para a avaliação de dados afirmativos a partir de valores *Verdadeiro*, *Falso*, *Inconsistente* e *Indeterminado* levando à conclusões finais que incluem os conflitos existentes entre os dados inconsistentes, tornando-as informações valiosas.

Foram analisados os perfis (dados) dos cinco sensores totais (LON, SPR, SHN, NGAM e SP) contidos na sonda do perfilador geofísico de poço WIN LOGGER RG - Electric Sonder ELXG adquirido com sonda digital ELXG (manufatura pela Robertson Geologging LTDA) utilizado em poços de água subterrânea. No entanto foi realizada a análise, a interpretação e a manipulação dos dados de apenas quatro sensores (NGAM, SPR, SP e NLON).

Os dados gerados pelo perfilador foram exportados do formato LAS 2.0 (Log ASC II Stantart), e posteriormente foram convertidos no formato de texto.

Os resultados gerados pelo “Código LPA2v” serão comparados ao perfil geológico e às interpretações (conclusões) do intérprete geofísico fornecido no Relatório técnico dos poços UFPAP4 e PANORAMA XXI .

O trabalho está dividido da seguinte forma: O Capítulo 2 apresentará as características operacionais intrínsecas à cada ferramenta de perfilagem (sonda), em virtude da LPA2v ser uma abordagem nova na geociências (Geofísica) o Capítulo 3 definirá de forma objetiva e sucinta a base teórica da LPA2v, assim como as definições e características do método, o Capítulo 4 apresentará a estrutura os códigos operacionais do Algoritmo Paranalizador, o Capítulo 5 descreverá o processo de manipulação e adequação do Sistema LPA2v para a leitura e interpretação dos perfis geofísicos, o Capítulo 6 mostrará os resultados gerados pelo Sistema LPA2v na interpretação dos perfis e o Capítulo 7 pontua as conclusões e recomendações validadas a partir dos resultados do trabalho.

2 PERFILAGEM GEOFÍSICA DE POÇOS (PGP)

A perfilagem geofísica é a última etapa de um levantamento de dados geofísicos para a obtenção de informações indiretas sobre as características das camadas atravessadas pelo poço, normalmente é realizada logo após a perfuração do poço. É a partir da geofísica de poço que podemos inferir informações a respeito das camadas adjacentes à parede do poço.

Nos métodos diretos, aplicados à perfuração de poços, as informações litológicas inerentes às camadas atravessadas pelo poço são obtidas pela coleta das amostras de rochas trituradas pela broca (amostras de calha), que não fornecem a certeza necessária da profundidade da coleta da amostra em virtude dos constantes desmoronamentos que misturam o material litológico das camadas que estão sendo perfuradas ao material das camadas já foram perfuradas pela broca. Tem-se também o tempo de penetração da broca que supre informações de dureza e plasticidade da camada que é atravessada.

Diversos fatores controlam a estabilidade da parede do poço no momento da escavação tais como o tipo e a densidade da lama e a velocidade da ferramenta de perfuração, qualidade da perfuratriz, etc.

É definido *Perfil* a representação gráfica do sinal medido que correlaciona as propriedades petrofísicas das rochas perfuradas com as profundidades correspondentes às mesmas. No entanto, a denominação mais coerente é Perfil Geofísico e está associado às diversas propriedades que as ferramentas geofísicas podem observar, tais como, propriedades radioativas, acústicas, mecânicas etc. (NERY, 2004).

2.1 NOTA HISTÓRICA

O alto custo para a completção¹ de poços era o problema inerente à construção de poços que mais suscitava questionamentos aos pesquisadores da área petrolífera (FEITOSA, 2000).

¹ conjunto de atividades efetuadas no poço do momento em que é atingida a base do poço da zona produtora do fluido e a real posição em que deveriam ser alocados os filtros.

Dentre os questionamentos mais frequentes às interpretações estava: a espessura efetiva, as profundidades do topo e base das interfaces, o tipo e o volume de fluido que poderia ser extraído da camada reservatório. Tais perguntas raramente eram respondidas com clareza e muitas delas eram apenas suposições.

No dia 5 de setembro de 1927 os irmãos Conrad e Marcel Schlumberger prospectaram o primeiro poço aplicando novas técnicas para a obtenção dos dados da superfície com base no método da eletrorresistividade (Figura 01). Este marco histórico para a Geofísica ocorreu na França na cidade de Pechelbronn e o perfil obtido fornecia uma curva contínua da resistividade do terreno com intervalos de um metro. (SILVA, 2000).

Figura 01- Imagem do equipamento original de perfilagem geofísica utilizado pelos irmãos Schlumberger em 1920.



Fonte: Schlumberger (2000)

A partir da década de 30 os aperfeiçoamentos das técnicas de perfilagens aplicada a poços se tornaram frequentes e os resultados foram os perfis produzidos pela técnica de sondagem geofísica. Dentre eles estavam o perfil de potencial espontâneo (SP) e o teleclinômetro eletromagnético (utilizado para medir a verticalidade do poço) no ano de 1932.

Neste mesmo ano foram utilizados equipamentos e arranjos diferentes que visavam reduzir o tempo para a obtenção dos dados, mudança na configuração e espaçamento dos eletrodos, além da substituição dos equipamentos que registravam os dados apenas em fotografias (imagens) e/ou organizados em tabelas.

Com o avanço da eletrônica, o novo modo de armazenamento dos dados obtidos com a perfilagem geofísica, principalmente com o surgimento de perfis

digitalizáveis, proporcionou o surgimento de técnicas avançadas para a solução de “entraves na interpretação”, tais como medições de fraturas, identificação de fluidos móveis, saturação de óleo, tamanho dos grãos, porosidade, e propriedades petrofísicas das rochas atravessadas pelo poço (SILVA, 2000).

A Tabela 01 mostra os principais períodos de grande importância para a evolução das técnicas e aprimoramento da sondagem geofísica (Perfilagem Geofísica de Poço).

Tabela 01- Evolução histórica das técnicas de perfilagem geofísica.

HISTÓRICO		
PERÍODO	ANOS	PERFIS / EVOLUÇÃO
INICIAL	1930/1940	Resistividade (uma curva) Potencial Espontâneo (SP) Medidor de mergulho (Anisotrópico - SP)
INTERMEDIÁRIO	1940/ 1960	Fórmula de Archie (1941) Primeiros perfis Sônicos (1950) Medidor de mergulho (Resistividade) Perfis radioativos Resistividade focalizada Perfis Eletromagnéticos (incipientes) Fórmula de Wille Plote de óleo móvel Microlog - perfil de resistividade(1949)
DIGITAL	1960/1980	Digitalização (armazenamento, processamento e teletransmissão) Maior precisão dos parâmetros medidos Maior confiabilidade nas leituras
RECENTE	1980/1998	Sônico Amplitude (compressional e cisalhante) Espectrometria com identificação de elementos radioativos (K, Th e U) Teletransmissão com e sem cabo Perfis de Imagem Acústica e Resistiva

Fonte: Adaptado de Silva (2000).

2.2 PERFIL DE RAIOS GAMA NATURAL

O perfil de raio gama é considerado indispensável para a perfilagem geofísica, pois permite a quantificação de argilominerais nas formações rochosas.

Este perfil é o mais utilizado para distinguir feições e/ou litologias com baixo ou alto de elementos radioativos. De forma a possibilitar analogias ao tipo de ambiente deposição, tipo de rocha e até mesmo correlação entre poços.

A partir dos perfis de raio gama pode-se definir formações com alta ou baixa intensidade radioativa (folhelho e argila, arcósio, etc) sendo possível diferenciar um arenito argiloso de um arenito “limpo”. A análise destes registros possibilita a delimitação de zonas mais favoráveis para o posicionamento dos filtros dentro do aquífero, maximizando a vazão e a vida útil do poço.

As rochas podem ser consideradas mais ou menos radioativas, fator este que é definido pela quantidade total de elementos radioativos contido na rocha. A radioatividade natural decorre do processo de decaimento dos isótopos dos elementos químicos radioativos Potássio (K_{19}^{40}), Tório (Th_{90}^{222}) e Urânio (Th_{92}^{238}).

O Potássio (K_{19}^{40}) é o responsável principal da radioatividade natural das rochas em virtude da sua alta insolubilidade, da grande quantidade de isótopos radioativos e da energia do pico (1,46 MeV) correspondente a 3,4 Fótons/segundo em média 20.000 ppm (FEITOSA, 2000).

As formações rochosas podem ser definidas em altamente radioativas (folhelhos pretos betuminosos, folhelhos/argilas evaporitos potássicos – carnalita, silvinita taquidrita etc), medianamente radioativas (carbonatos, dolomitos argilosos, folhelhos e arenitos argilosos) e de baixa radioatividade (carvões, e evaporitos não potássicos – halita, gipsita, anidrita etc) (FEITOSA, 2000).

As atuais ferramentas de raio gama são testadas e calibradas em um poço constituído por rochas artificiais localizado na cidade de Houston (USA), segundo o padrão da American Petroleum Institute (API).

Altos valores de API indicam grande quantidade de minerais radioativos (argilominerais) nas rochas ou vice-versa, assim como baixos valores de API indicam baixa quantidade de elementos radioativos (Tabela 02).

Tabela 02- Valores de API identificáveis para algumas litologias.

Litologia	Valor de API
Carvão	0
Halita (NaCl)	0
Gipsita (CaSO ₄)	0
Anidrita (CaSO ₄ + H ₂ O)	0
Calcário	5 – 10
Dolomito	10 – 20
Arenito Limpo	10 – 30
Arenito Argiloso	30 – 45
Folhelho	40 – 140
Silvinita (KCl)	~ 500

Fonte: Franzini (2010).

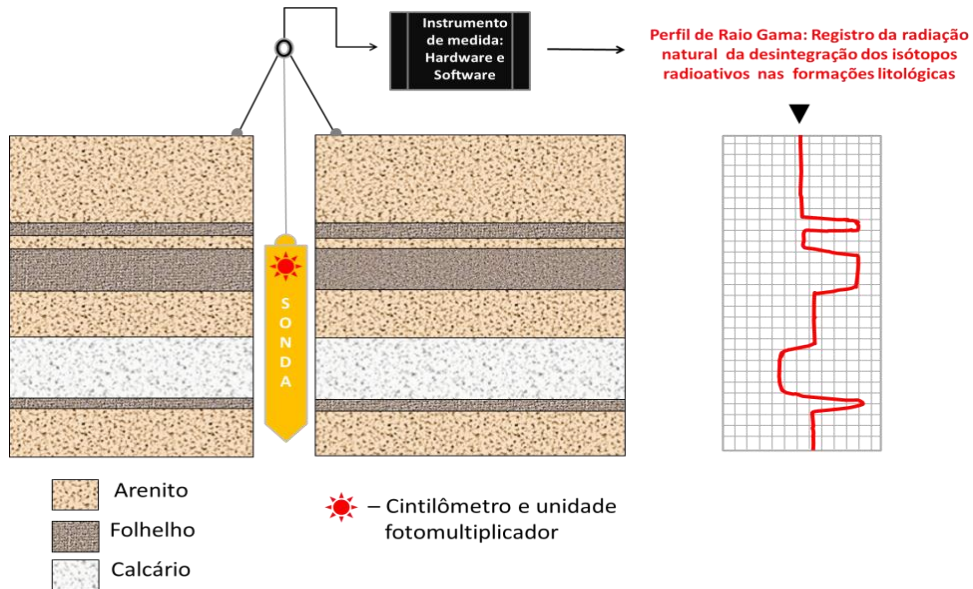
Apesar de ser a melhor ferramenta que indica os argilominerais, esta ferramenta pode apresentar ambiguidades. Dentre os principais problemas relacionados à qualidade ou ambiguidade encontradas no perfil gama está os de tipos litológicos e os operacionais. Quanto à litologia estão as mineralizações eventuais, os arenitos arcósiolos (que contêm mais de 25% de feldspato), os conglomerados policompostos e as rochas densas (ricas em potássio), enquanto nos operacionais está a presença de camadas finas, o volume do detector, a descentralização da ferramenta, o composto da lama de perfuração, a presença de revestimento de aço no poço, além da espessura do poço.

O registro dos dados é realizado pelos detectores de Raios Gama (Contador Geiger-Müller, Câmara de Ionização e Cintilômetro) que estão acoplados à sonda e deslocam-se a uma velocidade constante dentro do poço (NERY, 2004).

O sensor cintilômetro é o mais usado, e é formado pelo cristal de Iodeto de Sódio (NaI) dopado com Talium e pelo fotomultiplicador. Os fótons gerados no interior do cristal (raio gama incidente) são provenientes das interações dos raios gamas provenientes da formação com os átomos ou moléculas contidas no interior do cristal detector por meio de colisões (Efeito Compton), e são capturados no fotomultiplicador que converte um único fóton em milhões de elétrons (Efeito Fotoelétrico) convertendo luz em sinal elétrico, e desta forma, registra os dados referentes aos pacotes rochosos para cada profundidade sondada.

Após a perfilagem geofísica obtêm-se um perfil RG (Raio Gama) que representa a radiação total respectiva a cada profundidade mensurada durante a sondagem (Figura 02).

Figura 02- Representação esquemática da obtenção do perfil de Raio Gama Natural



Fonte: Do autor

2.3 PERFIL RESISTIVIDADE (RE)

As rochas sedimentares normalmente são formadas por silicatos, carbonatos e óxidos, considerados não condutores, no entanto a maioria delas são rochas permoporosas preenchidas por fluidos que contém sais dissolvidos. Os sais dissolvidos: ânions (Cl^- , SO_4^- , etc.) e cátions (Na^+ , Mg^+ , Ca^+ , etc.) são as cargas elétricas que podem ser deslocadas pela imposição de um campo elétrico externo.

A imposição de um campo elétrico nos eletrodos localizados na superfície do terreno e em profundidade no poço promove o transporte de íons entre os eletrodos atravessando os pacotes sedimentares. Os fatores que contribuem para o melhor deslocamento de carga elétrica (porosidade, cimentação, conteúdo de água, concentração iônica, temperatura etc.) indicam as zonas mais condutivas e zonas mais resistentes.

Na PGP a primeira característica mapeada é o conteúdo de argila presente na formação de forma a maximizar as possibilidades de zonas favoráveis à alocação dos filtros.

Desta forma a condutividade elétrica e a salinidade dos folhelhos podem indicar tais zonas: folhelhos de origem marítima são caracterizados pela forte presença de argilominerais (que contêm densidade superficial de carga elétrica negativa), sobretudo pelos altos teores de sais nos poros. Os de plataformas terrestres são definidos pelos valores mais baixos de condutividade e salinidade se comparados aos marinhos.

As argilas e os folhelhos, em geral, apresentam menores valores de resistividade em função dos cátions adsorvidos em suas superfícies aumentando assim a sua condutividade volumétrica. Rochas com maiores valores de resistividade são indícios de camadas permoporosas, tais como os arenitos (areia) e conglomerados (seixo) por possuírem minerais de baixa condutividade, a exemplo do mineral quartzo, porém rochas muito resistivas podem indicar rochas densas de muito baixa porosidade.

As propriedades elétricas das rochas e as propriedades petrofísicas das rochas (relação existente entre a resistividade das rochas com a resistividade do fluido nos poros da rocha, com a porosidade e com a quantidade de água que preenche espaços intergranulares) estão relacionadas à equação de Archie (1942).

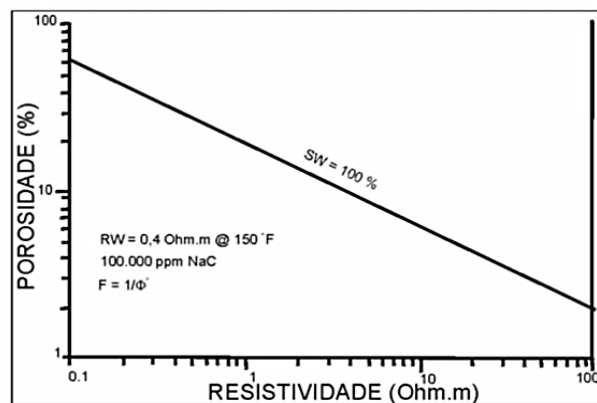
$$R_t = \frac{a}{\phi^m} \frac{R_w}{S_w^n} \quad (1)$$

A equação de Archie relaciona a resistividade da formação (R_t) com os seguintes fatores:

- **a** - constante de tortuosidade (parâmetro relacionado à forma e geometria do volume poroso da rocha), **a** varia aproximadamente em um intervalo de $0.5 \leq a \leq 2.5$;
- ϕ - porosidade efetiva da rocha;
- **m** - fator de cimentação ($1.3 \leq m \leq 2.5$), modela o quanto a resistividade aumenta com a diminuição da porosidade (aumento da cimentação, rocha não condutiva);
- **R_w** – Resistividade da água na formação;
- **S_w** – Saturação em água (fração de poros que contém água);
- **n** - Expoente de saturação aproximadamente igual a 2;

A equação de Archie resulta em uma importante conclusão: para formações semi-confinadas ou saturadas ($S_w = 100\%$), a resistividade tem uma relação inversa com a porosidade (Figura 03), ou seja, litologias que apresentam um elevado grau de compactação e/ou de cimentação e menos de 8% de minerais condutivos apresentam alta resistividade (SILVA, 2000).

Figura 03 - Relação comparativa entre a Resistividade das rochas versus porosidade



Fonte: Silva (2000)

Os perfis de resistividade são utilizados na interpretação do meio, na caracterização das espessuras dos aquíferos, no reconhecimento de variações litológicas, na identificação de zonas armazenadoras de fluidos, no fornecimento de informações para o cálculo de saturação de água, além de contribuir para a caracterização do furo de perfuração (NERY, 2004).

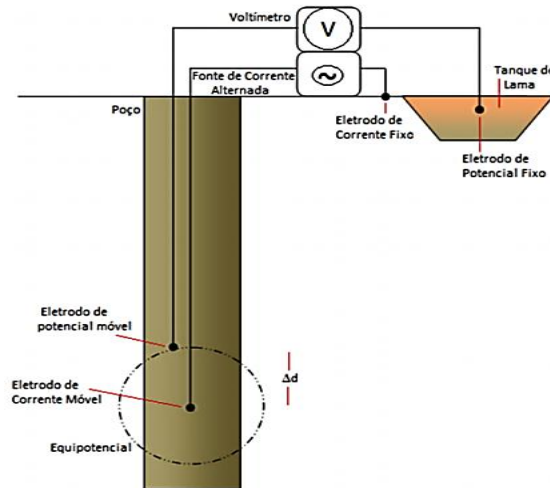
Em camadas delgadas ocorre um baixo desvio do fluxo de corrente elétrica, o que torna mais difícil a identificação deste tipo de camada durante a leitura qualitativa do perfil.

O sistema de eletrodos mais utilizado para poços de água subterrânea é o Normal (ou bieletrodo). Para Resistividade Normal um eletrodo de corrente A e um eletrodo de potencial M são inseridos no interior do poço. Os outros dois: o de corrente B e o de potencial N são mantidos a uma distância muito grande.

A distância entre os eletrodos A e M determina o volume de rocha que será investigada pela sonda. De forma que ao final, além do perfil de resistência (*Single Point Resistance* – SPR), têm-se também dois perfis de resistividade: um que investiga a distância de 16 polegadas, denominado por Normal Curta (*Short Normal* - SHN) e outro de 64 polegadas, denominado por Normal Longa (*Long*

Normal – LON) que investiga volumes mais distantes do centro do poço, registrando informações de zonas não muito perturbada pelo efeito do filtrado de lama (Figura 04).

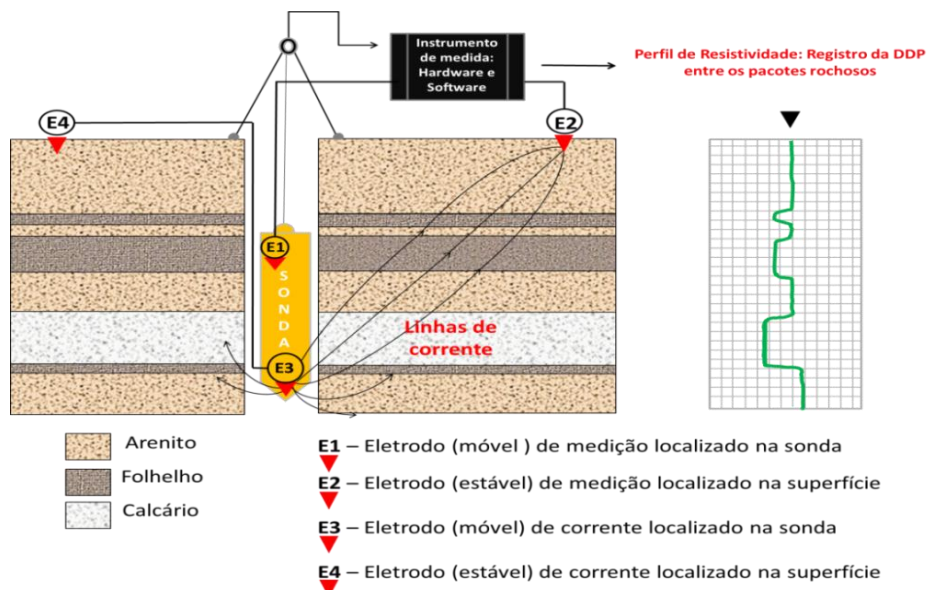
Figura 04 - Modelo comparativo das ferramentas de Resistividade (Normal Curta e Normal Longa).



Fonte: Santos (2010)

A Figura 05 exemplifica a aquisição de dados de resistividade dos pacotes rochosos a partir de dois eletrodos (Ferramenta SPR - Single Point Resistance).

Figura 05 - Esquema da obtenção do perfil de Resistividade mostrando as linhas de correntes que atravessam as camadas litológicas localizadas entre dois eletrodos.



Fonte: Do autor

2.4 PERFIL POTENCIAL ESPONTÂNEO (SP)

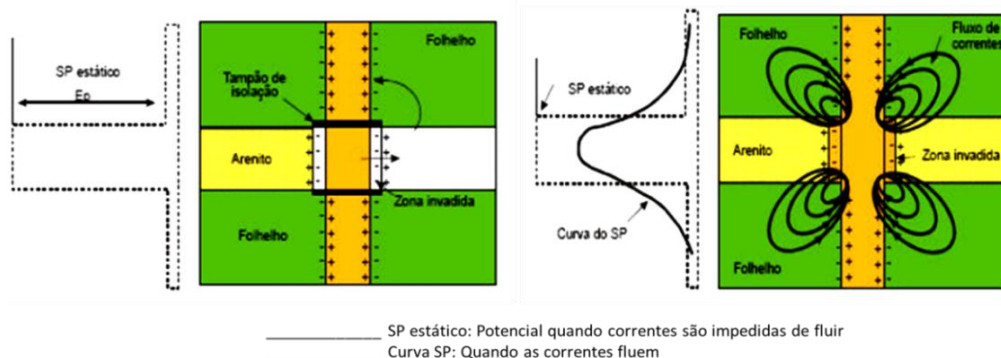
Durante a perfuração do poço é utilizado um fluido de perfuração (lama), com peso específico um pouco superior aos dos pacotes sedimentares. A lama é composta de argilominerais, água e componentes químicos (aditivos), com o objetivo de manter a estabilidade do poço (evitar os desmoronamentos), eliminar surgências fluidas (“kicks”, “blowouts”, etc.), lubrificar a broca e auxiliar no transporte das amostras de calhas para a superfície (NERY, 2004).

O processo de infiltração ou invasão nas camadas permoporosas adjacentes à parede do poço ocorre em virtude da diferença de pressão existente entre o furo de perfuração e as camadas porosas. O filtrado de lama (fração líquida da lama) penetra radialmente nos poros das rochas, enquanto a fração sólida acumula-se e tende a impermeabilizar a parede do poço constituindo o “reboco”. O processo de invasão é caracterizado como um processo dinâmico e/ou estático.

A distância que o filtrado de lama adentra a rocha virgem é denominado de zona invadida ou zona lavada, neste diâmetro ocorre a perturbação do filtrado de lama (R_{mf}) no material e fluido pré-existente na formação, no entanto a zona que não sofre com o processo de invasão é caracterizado como zona virgem que contém apenas a água da formação, também denominada de água conata (NERY, 2004).

As mobilidades iônicas existentes entre a água de formação e o filtrado da lama criam um gradiente de campo elétrico que promove a deflexão da curva de SP em virtude da diferença de concentração iônica e a consequente diferença de potencial produzida pelas mobilidades iônicas na formação (Figura 06).

Figura 06 - Distribuição das correntes elétricas ao redor das camadas permeáveis (parede do poço).



Fonte: Franzini (2010)

Quanto à qualidade do perfil SP alguns fatores devem ser considerados: A salinidade da água de formação e do filtrado da lama devem ser diferentes, caso contrário não há deflexão na curva de SP e fluidos de perfuração com elevado grau de salinidade promovem a circulação de corrente apenas no interior do poço, com pouco desenvolvimento da curva (SILVA, 2000).

O Potencial Espontâneo é a soma dos Potenciais de Membrana e de Junção de Fluidos. O primeiro se forma nas interfaces das argilas conectadas ao poço (reboco) e às camadas permeáveis adjacentes ao furo, o segundo é originado pelo contato entre os diferentes fluidos contidos na formação, o filtrado de lama e a água de formação. Para este último caso há a transferência de íons Na^+ através dos folhelhos e transferência de íons Cl^- das bordas da zona invadida para a de menor concentração.

Zonas permeáveis (arenitos, carbonatos fraturados e/ou vulgares, etc.) são identificadas no perfil SP pela deflexão da curva de SP e zonas impermeáveis (argilas, folhelhos e rocha cristalina) são localizadas pela Linha de Folhelho (contínuo durante todo o perfil).

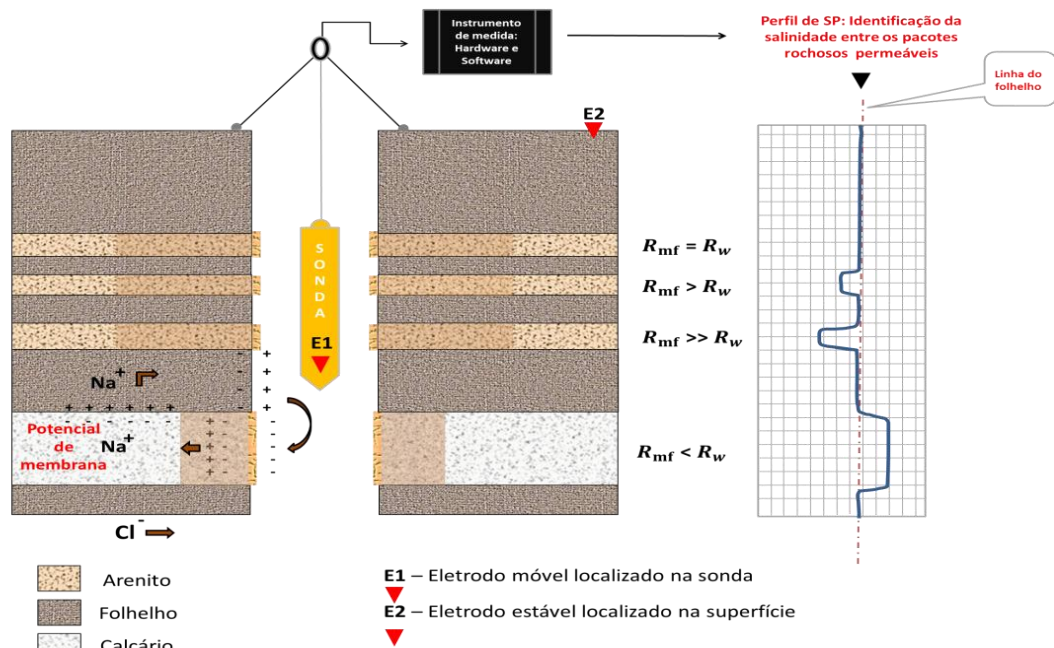
Deflexões da curva de SP para a direita (positivos) da linha de folhelho são indicativos de camadas com água de formação mais resistiva que a lama do poço, indicando água mais doce e à esquerda (mais negativo) definem litologias com água de formação menos resistiva a lama indicando água mais salgada (NERY, 2004).

O perfil de SP pode ser utilizado para a identificação de camadas delgadas, correlação entre poços (para mesmo tipo de lama), determinação da resistividade da água de formação, reconhecimento das litologias e qualidade do aquífero.

Contudo, provavelmente, os registros dos perfis de SP sejam os mais difíceis de serem analisados, pois muitos fatores influenciam na composição final do potencial elétrico. Em especial nas prospecções de poços para fins de explorações de águas potáveis, alguns parâmetros importantes não são bem acessíveis, tal como a resistividade da lama de perfuração (informação valiosa). Também, a linha de folhelho nem sempre é bem definida. Assim, severas ambiguidades são inerentes aos perfis de SP.

A Figura 07 mostra esquematicamente o processo de desenvolvimento do potencial, a correlação da resistividade do filtrado de lama (R_{mf}) com a resistividade da água de formação (R_w) e a obtenção do perfil de SP durante uma perfilagem.

Figura 07 - Esquema da obtenção do perfil de Potencial Espontâneo (SP) e do potencial de Membrana que ocorre entre as camadas com diferença litológica.



Fonte: Do autor

2.5 PERFIS E MATERIAIS ADICIONAIS UTILIZADOS NA INTERPRETAÇÃO/ANÁLISE DA PERFILAGEM EM POÇOS DE ÁGUA

Outras ferramentas geofísicas, perfis e materiais auxiliares podem ser de valioso auxílio na etapa de interpretação. Feitosa (2000) apresenta uma síntese de alguns perfis geofísicos utilizados na hidrogeologia brasileira:

1. Perfil de Cáliper: Perfil auxiliar na avaliação do diâmetro do poço. Faz uma relação nominal entre o diâmetro do furo e o diâmetro da broca. Este perfil mostra o quão desmoronado e/ou rugosas estão as paredes do poço. É caracterizado como uma resposta à resistência mecânica das rochas. Pode corrigir perfis afetados pelo efeito do poço além de calcular o volume de pré-filtro e cimento.

2. Perfil de Temperatura: Registra valores contínuos da temperatura do poço.
3. Perfil Flowmeter: Estima o movimento vertical de fluido dentro do poço. É muito utilizado para a determinação de fluxos entre aquíferos.
4. Perfil Indução: Investiga verticalmente e horizontalmente as camadas atravessadas pelo poço. É muito utilizado para correlação poço a poço, identificação qualitativa da litologia e do fluido presente nas rochas.
5. Perfil Sônico: Obtêm a porosidade dos aquíferos por meio do cálculo do tempo de trânsito.
6. Perfil Inclinação: Determina a inclinação e mergulho das camadas adjacentes ao poço, de modo a permitir a “centralidade” do poço a fim de linearizar o revestimento, os filtros e equipamentos de bombeio.

As amostras de calha, exemplo de material adicional, são obtidas durante a perfuração do poço em intervalos de 1 ou 2 metros, assim como o tempo de penetração da broca. Estes dados obtidos fornecem apenas informações qualitativas e não podem ser vistos com precisão a respeito das zonas (camadas) adjacentes ao poço, porém ajudam na redução de ambiguidades e inconsistências.

Nem sempre a coleta das amostras de calha é bem executada, da mesma forma que o tempo de penetração da broca pode ser fortemente influenciado pela coluna de perfuração. Assim esses dados são quase sempre de baixa confiabilidade.

Contudo, toda e qualquer ferramenta geofísica apresenta algum grau de ambiguidade em relação às litologias, pois duas ou mais litologias diferentes podem apresentar as mesmas assinaturas características para um determinado tipo de ferramenta. Assim, existe a necessidade da análise de vários perfis geofísicos pelo intérprete geofísico, na tentativa de definir a melhor estimativa litológica para uma determinada sondagem.

3 LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA DE ANOTAÇÃO COM DOIS VALORES- LPA2v.

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Situações reais são usualmente caracterizadas pela presença de dados com consideráveis inconsistências, indefinições e ambiguidades. Desta forma, é proposto o estudo desses casos de forma simples, prática e direta a partir do tratamento do dado em Sistemas de Controle via Lógica Paraconsistente tratando de um conjunto de soluções antes contraditórias passando a ser definidas mais próximas à realidade dos fatos. Pois, as ambiguidades são resultados das combinações de várias informações a respeito de uma determinada realidade, sob o ponto de vista distinto de cada intérprete.

A Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores (LPA2v) é apresentada como uma proposta viável para a solução de problemas relacionados a dados contraditórios, que a Lógica Clássica, por ser binária, não é adequada para resolver.

Este tipo de lógica que utiliza o algoritmo “Paranalizador” já é empregada e muito utilizada em sistemas de Automação, Robótica, Redes Neurais, Sistemas Especialistas e Controle de Inteligência Artificial (SILVA FILHO, 2006).

3.1.1 A história da lógica

A Lógica foi articulada primeiramente, de acordo com os manuscritos e alguns fatos históricos, por Aristóteles (384-322 a.C.) e outros filósofos e estudiosos da Grécia Antiga. Foi definida como a ciência que estuda as leis que regem os raciocínios válidos.

Até meados do século XIX a sistematização lógica de Aristóteles permaneceu inalterada. No entanto, a partir do ano 1800, matemáticos renomados tais como George Boole (1815-1864), Gottlob Frege (1848-1925) e Giuseppe Peano (1858-1932) já haviam fornecido grandes contribuições lógicas para a Nova Matemática que estava surgindo (SILVA FILHO, 2006).

Desta forma a Lógica passou por uma reformulação linguística e algébrica se tornou uma disciplina com qualidades matemáticas, conhecida como lógica

matemática. Tornou-se uma ferramenta com amplas vantagens para a resolução de problemáticas em diversas áreas da ciência, alcançado desta forma uma ampliação considerável em praticamente todos os campos do conhecimento.

A história da Lógica pode ser dividida em três períodos principais:

1. Período Aristotélico: Compreendido desde as primeiras sistematizações desenvolvidas por Aristóteles (384-322 a.C.) até meados do século XIX. Os avanços na Lógica foram mais consistentes a partir do Período Booleano.

2. Período Booleano: Lideradas pelos estudos sistemáticos de G. Boole (1815-1882), A. de Morgan (1806-1871), W. S. Jevons (1835-1882), e outros autores. Neste período foram desenvolvidas ideias lógicas com tendência algébrica, denominada de Lógica Simbólica.

3. Período Contemporâneo: É definido em dois subperíodos distintos: de 1900-1930 e 1930 até o final do século XX. No primeiro é considerada a publicação de três volumes (1910, 1912 e 1913) de A. N. Whitehead (1861-1947) e B. Russell (1872-1970) denominada de *Principia Mathematica*, nesta foi citado os trabalhos desenvolvidos por G. Peano (1858-1932), Frege e G. Cantor sobre a teoria dos Conjuntos. Foram destaque também os estudos de N. Wiener (1894-1964), R. Carnap (1891-1970), J. Herbrand (1908-1931), e os matemáticos da escola de E. Zermelo. O segundo período foi marcado por grandes transformações, dentre eles estão o Teorema das Incompleteza de Kurt Gödel (1906-1978), a Teoria Geral dos Processos Computáveis de Alan M. Turing (1912-1954), a Teoria da Recursão de A. Church (1903-1995), C. Kleene (1909-1994), J.B. Rosser (1907-1989) e a Teoria dos Modelos de (Gödel e Cohen).

Dois pesquisadores lógicos, o polonês Jan Łukasiewicz (1878-1956) e o russo Nicolas Alexandrovich Vasiliev (1880-1940) são considerados os precursores da Lógica Paraconsistente em virtude de elaborar uma definição de que a revisão das Leis básicas que regiam a Lógica Aristotélica poderia dar origem a Lógicas não aristotélicas (CARVALHO, 2002).

No entanto, os criadores oficiais da Lógica Paraconsistente são o polonês Stanislaw Jaskowski (1906-1965), seguindo as ideias de Łukasiewicz, propondo um

sistema de cálculo proposicional paraconsistente (Lógica Discursiva), e o brasileiro Newton Carneiro Affonso da Costa (1929 ---), reconhecido como o principal articulador do Sistema de Lógica Paraconsistente (Figura 08).

Figura 08 - Estudiosos pioneiros na proposição de trabalhos que consideravam as contradições na resolução de questionamentos.



Fonte: Modificado de Krause (2012)

A definição de Lógica Paraconsistente Anotada (LPA), somente foi introduzida no conceito de uma nova classe de lógica no ano de 1987 quando o indiano naturalizado nos Estados Unidos, V. S. Subrahmanian a definiu como uma nova classe de lógicas clausais e não clássicas (CARVALHO, 2002).

Os cálculos proposicionais, os predicados e as definições sobre a LPA foram propostas e desenvolvida por Subrahmanian e Da Costa. Atualmente a LPA atingiu uma importância considerável em diversas áreas do conhecimento e contribuindo para o desenvolvimento de sistemas sofisticados, principalmente na Ciência da Computação e Inteligência Artificial (CARVALHO, 2002).

3.1.2. Lógicas Clássicas e Não Clássicas

A Lógica Clássica é caracterizada pelo cálculo de predicados clássicos de primeira ordem (Núcleo) com ou sem igualdade, neste caso, o tipo de linguagem é bem definida com uma semântica padrão. Ou seja, com operadores e elementos de

estudo desenvolvidos com domínios e relações definidas em cada contexto. Essas características abrangem desde as teorias dos conjuntos às lógicas de ordem superior conhecidas como Teoria de Tipos (SILVA FILHO, 1999).

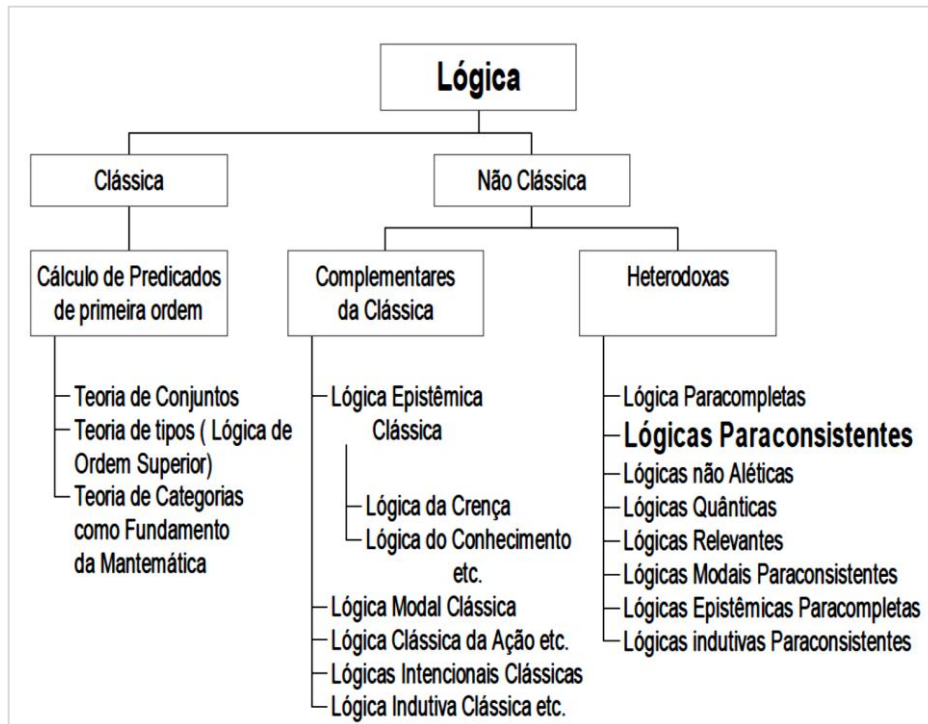
Em um sistema lógico são definidos dois métodos principais: o linguístico e o algébrico. Este trabalho irá se restringir apenas ao linguístico, sendo caracterizado como uma classe de técnicas que permite o desenvolvimento de novas proposições de um conjunto de dados de proposições. Desta forma, qualquer lógica L está vinculada a uma linguagem L' (SILVA FILHO, 1999).

São definidos quatro princípios fundamentais na Lógica Clássica (ou Lógica Tradicional):

1. **Princípio da identidade:** $x = x$, (todo objeto é idêntico a si mesmo).
2. **Princípio do terceiro excluído:** $p \vee \neg p$, (quando há duas proposições contraditórias, tais que uma é a negação da outra, temos que uma das proposições é verdadeira).
3. **Princípio da contradição (ou da não-contradição):** $\neg (p \wedge \neg p)$, (entre duas proposições contraditórias, uma delas é considerada falsa).
4. **Princípio da identidade proposicional:** $p \rightarrow p$, (se uma proposição é verdadeira então ela é verdadeira, se for falsa então ela é falsa). De acordo com Russell: “once true, always true; once false always false”.

A Lógica pode ser classificada em Clássica e Não Clássica. Como este trabalho baseia-se em uma Lógica Não Clássica, então definiremos apenas as Lógicas Não Clássicas, que podem ser divididas em *Complementares da Clássica* e *Heterodoxas*. A primeira é apenas uma ampliação dos conceitos, características e linguagem da Lógica Clássica, enquanto a segunda modifica ou restringe os princípios da Lógica Clássica (Figura 09).

Figura 09 - Classificação das lógicas em clássicas e não clássicas.



Fonte: Lemes Neto (2002)

A Lógica Paraconsistente é definida como uma lógica Não Clássica da classe das Lógicas Heterodoxas e com foco na Lei da Contradição. Por exemplo, se a proposição for definir a cor de uma maçã, então, pela lógica clássica somente poderemos afirmar se esta é vermelha (Verdadeiro) ou não vermelha (Falso). Sabemos, no entanto, que o objeto de estudo (maçã) pode apresentar diversas tonalidades (Do verde ao vermelho), não podendo ser tratada em Lógicas Clássicas, já que apresenta contradições e paradoxos.

Desta forma, se estas “contradições” e “inconsistências” forem tratadas e definidas por uma Lógica Não Clássica, as proposições serão apresentadas de uma forma mais coerente, concisa e com uma definição da proposição em questão.

De acordo com Oliveira (2010), as Lógicas Não Clássicas apresentam algumas características básicas, dentre elas as três mais visadas são:

- 1. Apresentam uma linguagem mais rica em poder de expressão;**
- 2. São baseadas em princípios distintos;**
- 3. Admitem semânticas distintas.**

3.2 A LÓGICA PROPOSICIONAL PARACONSISTENTE ANOTADA DE ANOTAÇÃO COM DOIS VALORES (LPA2v).

A Lógica Paraconsistente é apresentada da seguinte forma por Silva Filho (1999): Seja τ uma teoria criada sobre uma lógica L definida por uma linguagem L e τ contenha um símbolo para a negação (se esta possuir mais de uma negação deve-se escolher apenas uma delas de acordo com suas características matemáticas).

De forma que, a teoria τ é considerada *inconsistente* se ela possuir teoremas contraditórios tal que uma é a negação da outra, senão diz-se que τ é *consistente*. A teoria τ é chamada trivial se todas as fórmulas de L (ou todas as fórmulas fechadas de L) forem teoremas de τ caso contrário será definida como não trivial (ARRUDA,1980).

Conclui-se, então que uma lógica L é chamada Paraconsistente se fornecer aplicabilidade para as teorias inconsistentes, mas não triviais.

É com base neste conceito que as Lógicas Anotadas são caracterizadas como uma classe de lógicas paraconsistentes e estão relacionadas a reticulados (estados lógicos). Na LPA as fórmulas proposicionais são acompanhadas de anotações que pertencem a um reticulado finito τ no qual são atribuídos valores à correspondente fórmula proposicional.

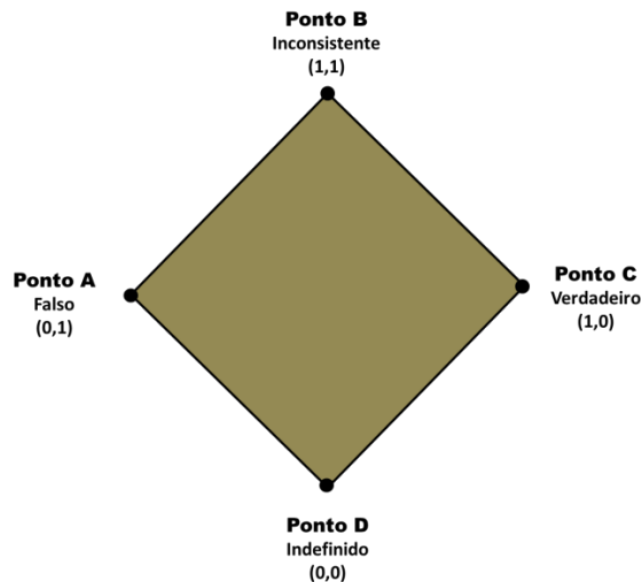
A análise intuitiva da LPA pode ser inferida da seguinte forma: Na fórmula atômica $p\mu$ lê-se: “creio na proposição p com grau de crença ou evidência no valor máximo de μ , ou até μ ($\leq \mu$)”. Neste caso, cada grau de evidência atribuído à uma proposição é um valor contido no conjunto de valores composto pelas constantes anotacionais do reticulado atribuído à LPA (ARRUDA,1980).

Na LPA os sinais e as formações são descritas em grau de crença e descrença. De forma que a uma dada proposição p significa dizer que o grau de crença em p é μ_1 e o grau de descrença é definido por μ_2 . Os valores de grau de crença e descrença variam de 0 a 1 podendo ser obtidos por probabilidades ou estatísticas.

A representação de cada anotação é definida em reticulados cujos vértices são caracterizados por uma linguagem simbólica e indicam os estados lógicos que são determinados pelos valores de anotação μ_1 e μ_2 .

A representação do reticulado da LPA é apresentada com base no Diagrama de Hasse, tal que $\tau = \{(\mu_1, \mu_2) \mid \mu_1, \mu_2 \in [0,1] \subset \mathfrak{R}\}$ conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 - Diagrama de Hasse apresentando o reticulado finito “quatro estados”.



Fonte: Do autor

Costa (1999) estabelece algumas convenções e terminologias na aplicabilidade da LPA.

Seja $\tau = \langle |\tau|, \leq \rangle$ um reticulado fixo e finito, onde:

- $|\tau| = [0,1] \times [0,1]$;

Onde $|\tau|$ é o produto cartesiano do intervalo real e unitário $[0,1]$

- $\leq \{((\mu_1, \rho_1), (\mu_2, \rho_2)) \in ([0,1] \times [0,1])^2 \mid \mu_1 \leq \mu_2 \text{ e } \rho_1 \leq \rho_2\}$;

(onde \leq indica a ordem usual dos números reais). O reticulado é denominado de *reticulado de valores-verdade* ou reticulado das anotações.

Por conseguinte os estados lógicos podem ser definidos em:

V = $(1, 0)$ Verdadeiro, “crença total”.

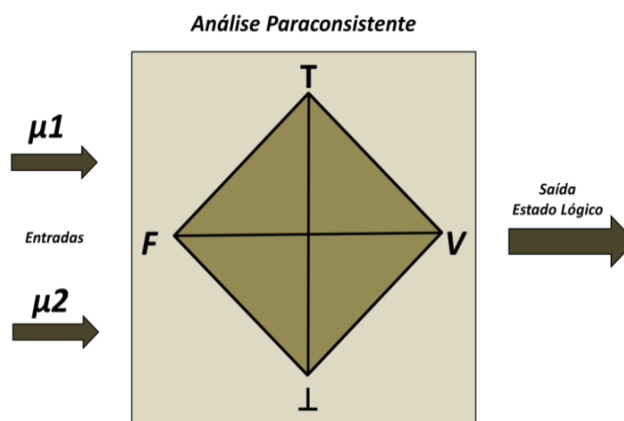
F = $(0, 1)$ Falso, “descrença total”.

T = $(1, 1)$ Inconsistente, “crenças totalmente inconsistentes”.

I = $(0, 0)$ Indeterminado, “ausência total de crença”.

Os graus de crença e descrença são considerados sinais de entrada em um Sistema Paraconsistente e os estados lógicos representados em cada vértice do reticulado definido para o sistema são definidas como as saídas (Estado Lógico) de cada análise paraconsistente realizada a partir dos valores μ_1 e μ_2 (Figura 11).

Figura 11 - Demonstração básica do sistema de uma Análise Paraconsistente.



Costa (1999), nos propõem um exemplo para avaliar e analisar um questionamento a partir da LPA.

Exemplo 1. Proposição: $p = \text{"Pedrinho é suspeito de não ter ido à escola"}$. Então:

- a) Se anotarmos com $p(1,0)$, a leitura intuitiva será "Pedrinho é suspeito de não ter ido à escola com crença total (= crê-se totalmente que Pedrinho não foi à escola)".
- b) Se anotarmos com $p(0,1)$, a leitura intuitiva será "Pedrinho é suspeito de não ter ido à escola com descrença total (= crê-se totalmente que Pedrinho foi à escola)".
- c) Se anotarmos com $p(1,1)$, a leitura intuitiva será "Pedrinho é suspeito de não ter ido à escola com crença totalmente inconsistente". Isto pode ocorrer se houver o registro de presença na escola e ao mesmo tempo um conhecido o viu jogando bola nos arredores da residência.
- d) Se anotarmos com $p(0,0)$, a leitura intuitiva será "Pedrinho é suspeito de não ter ido à escola com ausência total de crença". Isto pode ocorrer se não houve registro da presença na escola e ninguém soube dizer o paradeiro de Pedrinho.

3.3 O ESTUDO DO RETICULADO ASSOCIADO À LPA2v ATRAVÉS DO QUADRADO UNITÁRIO DO PLANO CARTESIANO (QUPC).

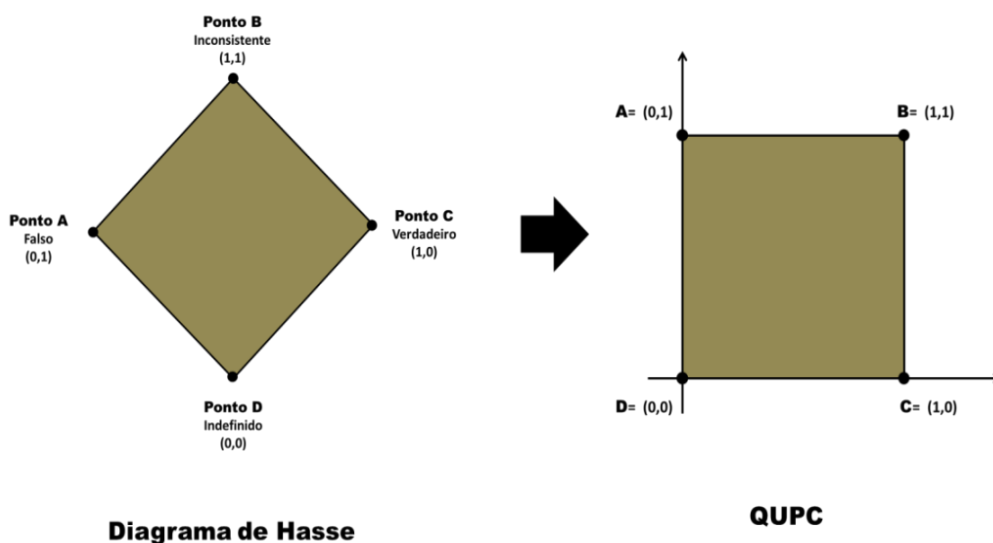
A análise qualitativa e quantitativa a partir do reticulado da LPA2v é representada no Plano Cartesiano real, denominado Quadrado Unitário do Plano Cartesiano (QUPC). Esta característica é de extrema importância para a interpretação da LPA2v em virtude de que os dados serão discutidos, estudados e visualizados com maior definição (SILVA, 1999).

Como foi apresentado na subseção 3.2 a LPA2v ou μ associa cada proposição p a uma anotação definida pelo par $(\mu_1; \mu_2)$ sendo caracterizada por:

$$p(\mu_1; \mu_2) \text{ ou } p(\mu)$$

O par $(\mu_1; \mu_2)$ é representado no plano cartesiano definido pelo produto cartesiano $[0,1] \times [0,1]$, ou seja, o grau de crença μ_1 e o grau de descrença μ_2 variam em um intervalo fechado correspondente a $[0,1]$ assumindo valores de grau de crença e descrença entre o valor real 0 e 1. Logo, a região definida neste intervalo fechado entre $[0,1] \times [0,1]$ é a região que delimita o QUPC da LPA2v (Figura 12). Deve-se notar que o grau de crença μ_1 vem de uma opinião e o grau de descrença μ_2 de outra opinião a respeito da proposição p .

Figura 12 - Diagrama de Hasse e sua representação no QUPC.



Fonte: Do autor

Neste intervalo são atribuídos valores discretos (multivalorados) ou de variação contínua no tempo, denominados de analógicos.

Ponto A = (0,1) = Nenhuma crença e descrença total = Falso (**F**).

Ponto B = (1,1) = Crença e descrença máximas = Inconsistente (**T**).

Ponto C = (1,0) = Crença total e nenhuma descrença = Verdadeiro (**V**).

Ponto D = (0,0) = Falta total de crença e descrença = Indefinido (**L**).

3.4 INTERPRETAÇÃO DA LPA2v NO QUPC COM OS SINAIS DE ENTRADA MULTIVALORADOS

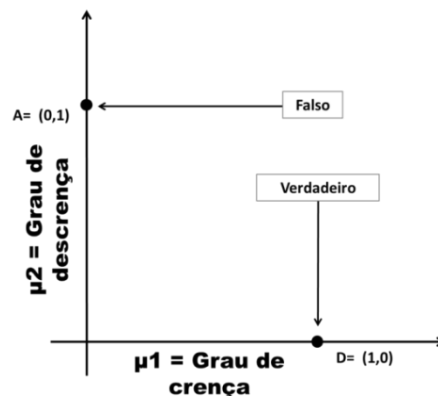
Para que seja realizada a análise da LPA2v através do reticulado é necessária a obtenção das condições que descrevem os métodos e os procedimentos de controle utilizados na análise e estruturação do estudo da LPA2v.

3.4.1 Valores de Graus de Crença e de Descrença Binários e Complementares.

Para que o Grau de Crença e Descrença seja binário é necessário que um seja o auxiliar do outro, ou seja, para quaisquer situações o Grau de Crença terá como complemento o Grau de Descrença.

O resultado deste caso particular é similar ao utilizado na Lógica Clássica, no qual as variáveis lógicas assumem apenas dois estados distintos, isto é, o resultado os dois estados extremos utilizados serão sempre o *estado extremo falso* complementar do *estado extremo verdadeiro* (Figura 13).

Figura 13 - Sinais de entrada binários, μ_1 é o complemento de μ_2 .

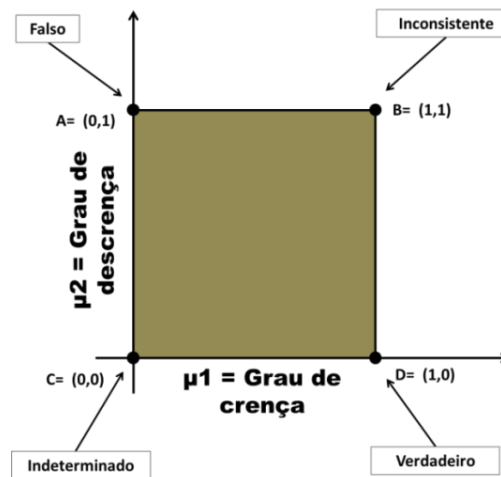


Fonte: Do autor

3.4.2 Valores de Graus de Crença e de Descrença Binários e não Complementares.

Neste caso os valores dos Graus de Crença e Descrença podem ser binários, estes valores podem assumir valores iguais ou diferentes. Como são valores binários, resultado do par $(\mu_1; \mu_2)$, no plano cartesiano, são denominados de *estados extremos*. Os estados extremos resultantes, neste caso, são definidos como *Falso*, *Inconsistente*, *Verdadeiro* e *Indeterminado*. A Figura 14 mostra os pontos em que se localizam os *estados lógicos resultante*.

Figura 14 - O QUPC e os sinais de entrada binários, μ_1 e μ_2 são iguais a 0 ou 1, independentemente.



Fonte: Do autor

A tabela 03 mostra a tabela de valores-verdade com os sinais de entrada $(\mu_1; \mu_2)$ e os correspondentes *estados lógicos resultantes* de saída.

Tabela 03 - Valores-verdade para sinais de entrada binários, μ_1 e μ_2 são independentes.

Sinais de entrada		Estados Resultantes
Graus de Crença (μ_1)	Graus de Crença (μ_2)	
1	1	T
1	0	V
0	1	F
0	0	⊥

Fonte: Costa (1999)

3.4.2.1 Operadores lógicos NOT, OR e AND.

Na Lógica Clássica são utilizados operadores lógicos que correspondem à idéia de negação, disjunção e conjunção, atribuídas aos operadores NOT, OR e AND. Na LPA2v a aplicação do *Operador NOT* nos valores da tabela verdade obtida anteriormente (Tabela 03), resulta na inversão dos valores das anotações μ_1 e μ_2 que resulta em uma negação nos estados lógicos resultantes.

A Tabela 04 mostra uma nova tabela Valores-verdade com os graus de crença e de descrença e seus *estados lógicos resultantes negados*.

Tabela 04 - Valores-verdade para sinais resultantes da aplicação do *Operador Not* para sinais de entrada binários, μ_1 e μ_2 são independentes.

Sinais de entrada		Estados Resultantes
Graus de Crença (μ_1)	Graus de Descrença (μ_2)	
1	1	T
0	1	F
1	0	V
0	0	\perp

Fonte: Costa (1999)

A partir desta obtêm-se a seguinte conclusão: Na aplicação do *Operador NOT*, a “negação” ocorre apenas nos estados lógicos resultante “Falso” e “Verdadeiro”, ou seja, nos estados lógicos que denotam a conotação de certeza.

Na LPA2v é proposto a aplicação dos conectivos OR e AND entre duas proposições X e Y sendo uma proposta similar à Lógica Clássica, onde a *Maximização* está ligada ao conectivo *OR* e a *Minimização* ao conectivo *AND*.

Estes conectivos (OR e AND), a partir das fórmulas proposicionais $p_A (\mu_1, \mu_2)$ e $p_B (\mu_1, \mu_2)$, denominadas de proposições X e Y podem ser correlacionadas a respeito de uma determinada afirmativa.

Na aplicação do conectivo OR é feita primeiramente uma Maximização entre os Graus de Crença dos sinais anotados de X e Y, depois é feita a Maximização entre os Graus de Descrença de X e Y. Logo, os Graus de Crença resultante e de Descrença resultante serão (μ_{1R}, μ_{2R}) . Neste caso, busca-se ampliar a faixa de possibilidades proposicionais, porém reduz a probabilidade de sucesso (<1).

No conectivo AND é realizado o mesmo procedimento, no entanto é feito a minimização entre os Graus de Crença e posteriormente a minimização entre os Graus de Descrença dos sinais anotados de X e Y, como resultado temos (μ_{1R} , μ_{2R}). Neste caso, busca-se minimizar a faixa de possibilidades propositivas, porém, com maior probabilidade de sucesso. ($\cong 1$).

Com os valores-verdade de Crença e Descrença resultantes é feita uma análise no QUPC obtendo-se o *estado lógico resultante de saída*. A Tabela 05 mostra a aplicação dos conectivos OR e AND nas proposições X e Y e seus respectivos estados resultantes.

Tabela 05- Valores-verdade da aplicação dos conectivos OR e AND para sinais de entrada μ_1 e μ_2 binários e independentes.

Sinais de entrada				Conectivos OR		Estados Resultantes	Sinais de entrada				Conectivos AND		Estados Resultantes
Graus de Crença		Graus de Descrença					Graus de Crença		Graus de Descrença				
μ_{1a}	μ_{1b}	μ_{2a}	μ_{2b}	μ_{1R}	μ_{2R}		μ_{1a}	μ_{1b}	μ_{2a}	μ_{2b}	μ_{1R}	μ_{2R}	
1	1	1	1	1	1	T	1	1	1	1	1	1	T
1	1	1	0	1	1	T	1	1	1	0	1	0	V
1	1	0	1	1	1	T	1	1	0	1	1	0	V
1	1	0	0	1	0	V	1	1	0	0	1	0	V
1	0	1	1	1	1	T	1	0	1	1	0	1	F
1	0	1	0	1	1	T	1	0	1	0	0	0	⊥
1	0	0	1	1	1	T	1	0	0	1	0	0	⊥
1	0	0	0	1	0	V	1	0	0	0	0	0	⊥
0	1	1	1	1	1	T	0	1	1	1	1	1	T
0	1	1	0	1	1	T	0	1	1	0	1	0	V
0	1	0	1	1	1	T	0	1	0	1	1	0	V
0	1	0	0	1	0	V	0	1	0	0	1	0	V
0	0	1	1	0	1	F	0	0	1	1	0	1	F
0	0	1	0	0	1	F	0	0	1	0	0	0	⊥
0	0	0	1	0	1	F	0	0	0	1	0	0	⊥
0	0	0	0	0	0	⊥	0	0	0	0	0	0	⊥

Fonte: Costa (1999)

A análise da tabela citada anteriormente nos fornece as seguintes conclusões: Na aplicação do conectivo OR, o estado lógico resultante será sempre “Inconsistente” (T) quando houver contradição entre eles, ou seja, um é “Verdadeiro” e outro é “Falso”. No conectivo AND a saída resultante será sempre “Indeterminado” (\perp). A Tabela 06 exemplifica esta análise.

Tabela 06- Valores-verdade da aplicação dos conectivos OR e AND para as proposições A e B.

Proposições		Conectivos	
		OR	AND
A	B	$A \vee B$	$A \wedge B$
T	T	T	T
T	V	T	V
T	F	T	F
T	\perp	T	\perp
V	T	T	V
V	V	V	V
V	F	T	\perp
V	\perp	V	\perp
F	T	T	F
F	V	T	\perp
F	F	F	F
F	\perp	\perp	\perp
\perp	T	T	\perp
\perp	V	V	\perp
\perp	F	F	\perp
\perp	\perp	\perp	\perp

Fonte: Costa (1999)

3.4.3 Valores de Graus de Crença e de Descrença Ternários e não Complementares.

Os valores dos Graus de Crença e Descrença podem ser ternários e independentes. A interpolação desses novos pontos no QUPC resulta em cinco novos pontos no reticulado.

Anteriormente eram apenas quatro *estados extremos* denominados de: “Verdadeiro”, “Falso”, “Inconsistente” e “Indeterminado”, com os valores adicionais (cinco novos pontos), têm-se cinco novos *estados não extremos* que recebem denominações conforme sua proximidade com os estados extremos no QUPC (Tabela 07).

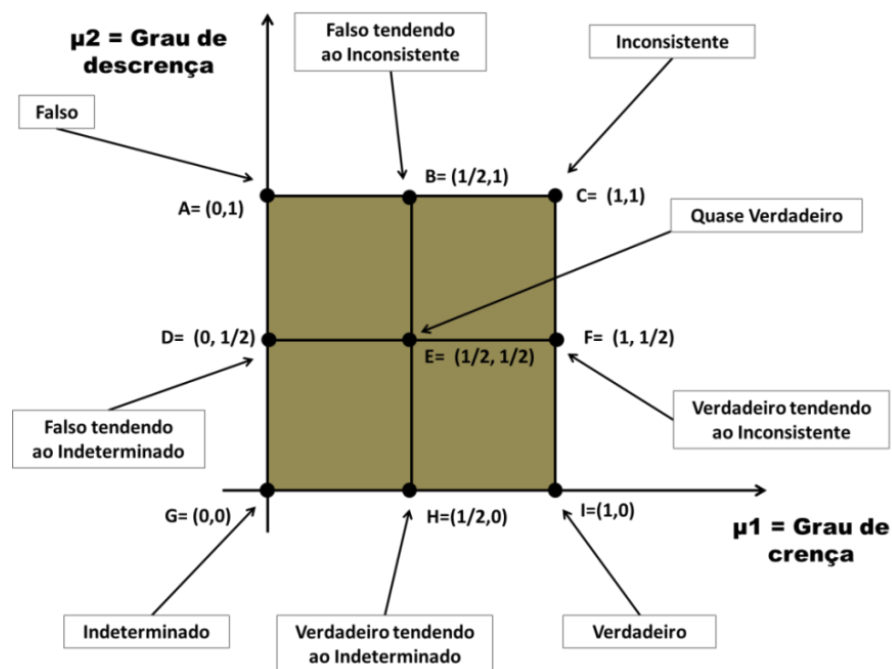
Tabela 07- Denominações dos estados não extremos atribuídos ao reticulado da LPA2v.

Estados não Extremos	Simbologia
Verdadeiro, tendendo ao Inconsistente	$V \rightarrow T$
Verdadeiro, tendendo ao Indeterminado	$V \rightarrow \perp$
Falso, tendendo ao Inconsistente	$F \rightarrow T$
Falso, tendendo ao Indeterminado	$F \rightarrow \perp$
Quase verdadeiro	Q-v

Fonte: Costa (1999)

A Figura 15 mostra o QUPC com os quatros estados extremos e os cinco estados não extremos.

Figura 15 - O QUPC e os sinais de entrada ternários, μ_1 e μ_2 independentes.



Fonte: Do autor

A aplicação do conectivo NOT nos valores dos Graus de Crença e Descrença descrevem os mesmos procedimentos adotados para os sinais binários. A Tabela 08 mostra que a aplicação do *Operador NOT* ao sinal anotado resulta na negação dos estados lógicos resultantes “Verdadeiro” e “Falso” sem influenciar nos estados lógicos “Inconsistente” e “Indeterminado”.

Tabela 08 - Valores-verdade na aplicação do operador *NOT* para sinais de entrada ternários, onde μ_1 e μ_2 são independentes.

(μ_1, μ_2)		Estados Resultantes	$\sim (\mu_1, \mu_2)$		Estados Resultantes
Sinais de entrada			Sinais de entrada		
Graus de Crença (μ_1)	Graus de Descrença (μ_2)		Graus de Crença (μ_1)	Graus de Descrença (μ_2)	
1	1	T	1	1	T
1	$\frac{1}{2}$	$V \rightarrow T$	$\frac{1}{2}$	1	$F \rightarrow T$
1	0	V	0	1	F
$\frac{1}{2}$	1	$F \rightarrow T$	1	$\frac{1}{2}$	$V \rightarrow T$
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	Q-v	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	Q-v
$\frac{1}{2}$	0	$V \rightarrow \perp$	0	$\frac{1}{2}$	$F \rightarrow \perp$
0	1	F	1	0	V
0	$\frac{1}{2}$	$F \rightarrow \perp$	$\frac{1}{2}$	0	$V \rightarrow \perp$
0	0	\perp	0	0	\perp

Fonte: Costa (1999)

Os Apêndices A, B e C mostram os resultados obtidos na aplicação dos Conectivos OR e AND em sinais anotados $p_A (\mu_1, \mu_2)$ e $p_B (\mu_1, \mu_2)$ ternários e independentes.

3.5 GRAUS DE CRENÇA E DESCRENÇA NO QUPC DE VALORES CONTÍNUOS COM INTENSIDADES VARIÁVEIS COM O TEMPO.

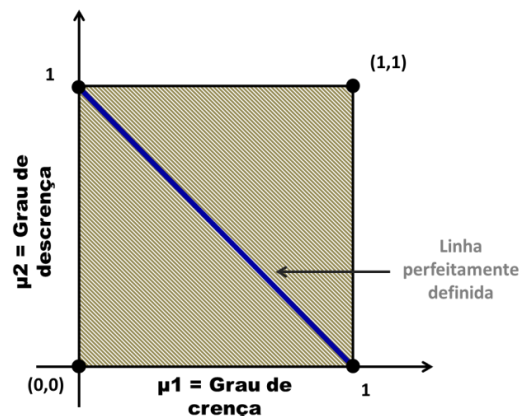
O reticulado representativo da LPA2v pode ser configurado num Quadrado Unitário do Plano Cartesiano (QUPC), onde os valores correspondentes aos eixos x e y são definidas como Grau de Crença e Grau de Descrença variando em um intervalo real fechado [0,1].

No QUPC são considerados segmentos de retas no interior do quadrado que limitam as regiões correspondentes aos estados lógicos da LPA2v. O grau de liberdade dos segmentos de retas (linhas) que limitam o reticulado confere grande adaptabilidade do QUPC.

Nesta seção serão apresentadas apenas duas linhas: a *linha perfeitamente definida* e a *linha perfeitamente indefinida*

A Figura 16 mostra a linha perfeitamente definida. Para qualquer valor do grau de crença e de descrença a sua correspondência pode situar-se “sobre”, “acima” ou “abaixo” da *linha perfeitamente definida*.

Figura 16 - O QUPC e a linha perfeitamente definida.



Fonte: Do autor

Se x é caracterizado como grau de crença e y como grau de descrença, então a expressão matemática da linha perfeitamente definida é $(x + y - 1 = 0)$, com expressão correspondente à:

$$\mu_1 + \mu_2 - 1 = 0 \quad (2)$$

A interseção de μ_1 e μ_2 nos fornece um ponto que pode ser caracterizado conforme seu posicionamento na linha perfeitamente definida no QUPC, conforme as características abaixo:

- Ponto situado “sobre” a linha perfeitamente definida é denominado de ponto perfeitamente definido.
- Ponto situado “abaixo” da linha perfeitamente definida é denominado de ponto subdefinido, o resultado da Eq. 01 fornece valores de sinal negativo e se encontra na região subdefinida.

- Ponto situado “acima” da linha perfeitamente definida é denominado de ponto sobredefinido, e o resultado da Eq. 01 fornece valores de sinal positivo e se encontra na região sobredefinida.

O resultado definido pela Eq. 01 é denominado de *Grau de Contradição* (G_{ct}).

Quando o G_{ct} for igual ou maior que zero é caracterizado como Grau de Inconsistência (G_{it}), sendo expresso na forma:

$$G_{it} = \mu_1 + \mu_2 - 1 \quad \text{se e somente se} \quad \mu_1 + \mu_2 \geq 1 \quad (3)$$

Quando o G_{ct} for menor que zero é caracterizado como Grau de Indeterminação G_{id} sendo expresso na forma:

$$G_{id} = \mu_1 + \mu_2 - 1 \quad \text{se e somente se} \quad \mu_1 + \mu_2 < 1 \quad (4)$$

O máximo Grau de Inconsistência $G_{itmáx}$ ocorre no ponto B= (1,1) e o máximo Grau de Indeterminação $G_{idmáx}$ no ponto C= (0,0).

Ou seja, ocorre um aumento gradativo no Grau de Inconsistência quando o ponto correspondente ao par ordenado (μ_1, μ_2) no QUPC se aproximar do ponto B= (1,1).

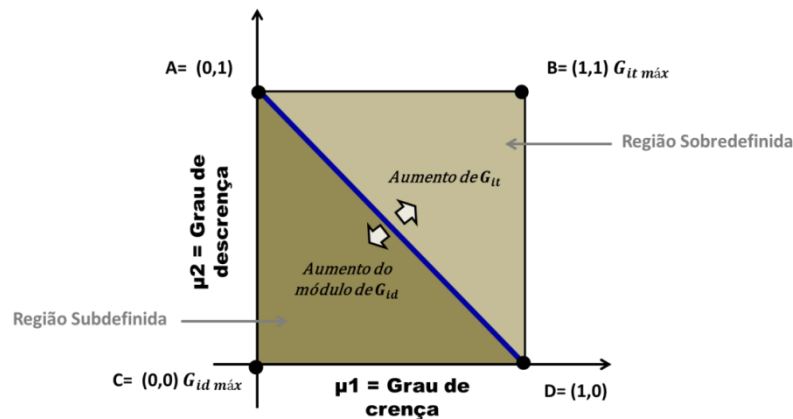
O mesmo é verificado para o Grau de Indeterminação, quando o ponto correspondente ao par ordenado (μ_1, μ_2) se aproximar do ponto C= (0,0) resultará em um aumento gradativo no Grau de Indeterminação.

A Figura 17 mostra as regiões definidas pela linha perfeitamente definida e as características apresentadas nos parágrafos acima.

Portanto:

$$0 \leq G_{it} \leq 1 \quad \text{e} \quad -1 \leq G_{id} \leq 0 \quad (5)$$

Figura 17 - O QUPC e as regiões subdefinida e sobredefinida.

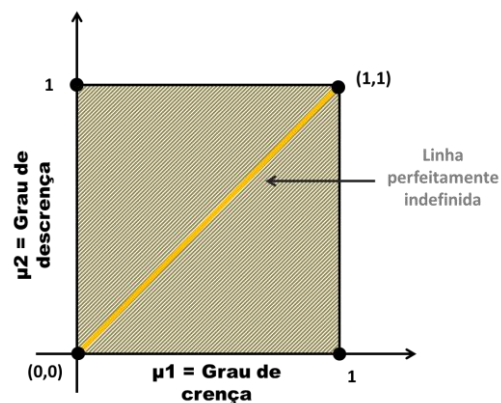


Fonte: Do autor

A segunda linha inferida no QUPC é a *linha perfeitamente indefinida* (Figura 18). Sendo definida pela expressão matemática $(x - y = 0)$, com expressão correspondente à:

$$\mu_1 - \mu_2 = 0 \quad (6)$$

Figura 18 - O QUPC e a linha perfeitamente indefinida.



Fonte: Do autor

As mesmas características utilizadas para a caracterização da *linha perfeitamente definida*, também é utilizada para caracterizar a *linha perfeitamente indefinida*. A interseção de μ_1 e μ_2 nos fornece um ponto QUPC, e este pode receber uma denominação e algumas particularidades:

- Ponto situado “sobre” a linha perfeitamente indefinida é denominado de ponto perfeitamente indefinido.
- Ponto situado “abaixo” da linha perfeitamente indefinida é denominado

de ponto direto, o resultado da Eq. 02 fornece valores de sinal positivo e se encontra na região direta.

- Ponto situado “acima” da linha perfeitamente indefinida é denominado de ponto indireto, e o resultado da Eq. 02 fornece valores de sinal negativo e se encontra na região indireta.

O resultado definido pela Eq. 02 é denominado de *Grau de Certeza* (G_c).

Quando o G_c for igual ou maior que zero é caracterizado como Grau de Verdade (G_v), sendo expresso na forma:

$$G_v = \mu_1 - \mu_2 \quad \text{se e somente se} \quad \mu_1 \geq \mu_2 \quad (7)$$

Quando o G_c for menor que zero é caracterizado como Grau de Falsidade G_f , sendo expresso na forma:

$$G_f = \mu_1 - \mu_2 \quad \text{se e somente se} \quad \mu_1 < \mu_2 \quad (8)$$

O máximo Grau de Verdade $G_{v\text{máx}}$ ocorre no ponto D= (1,0) e o máximo Grau de Falsidade $G_{f\text{máx}}$ no ponto A= (0,1). Ou seja, ocorre um aumento gradativo no Grau de Verdade quando o ponto correspondente ao par ordenado (μ_1 , μ_2) no QUPC se aproximar do ponto D= (1,0).

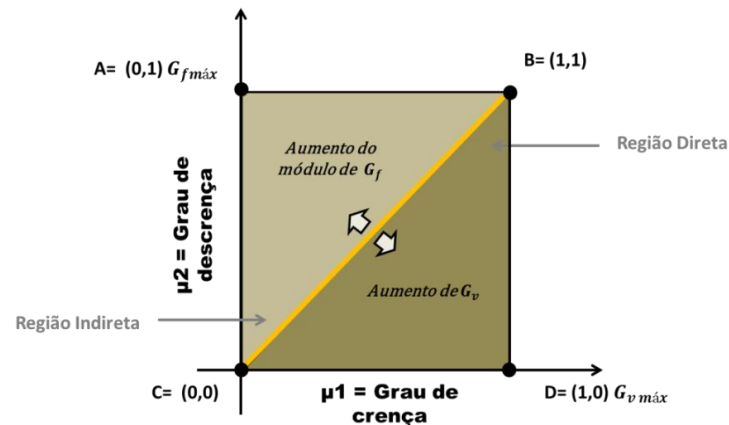
O mesmo é verificado para o Grau de Falsidade, quando o ponto se aproximar do ponto A= (0,1) ocorre um aumento gradativo no Grau de Falsidade.

A Figura 19 mostra as regiões definidas pela linha perfeitamente indefinida e as características apresentadas nos parágrafos citados acima.

Portanto:

$$0 \leq G_v \leq 1 \quad \text{e} \quad -1 \leq G_f \leq 0 \quad (9)$$

Figura 19 - O QUPC e as regiões direta e indireta.



Fonte: Do autor

Para cada par ordenado (μ_1, μ_2) há uma fórmula que relaciona o Grau de Crença e Descrença aos valores de G_{it} , G_{id} , G_v e G_f .

$$\begin{array}{lll}
 G_{it} = \mu_1 + \mu_2 - 1 & \text{se e somente se} & \mu_1 + \mu_2 \geq 1 \\
 G_{id} = \mu_1 + \mu_2 - 1 & \text{se e somente se} & \mu_1 + \mu_2 < 1 \\
 G_v = \mu_1 - \mu_2 & \text{se e somente se} & \mu_1 \geq \mu_2 \\
 G_f = \mu_1 - \mu_2 & \text{se e somente se} & \mu_1 < \mu_2
 \end{array}$$

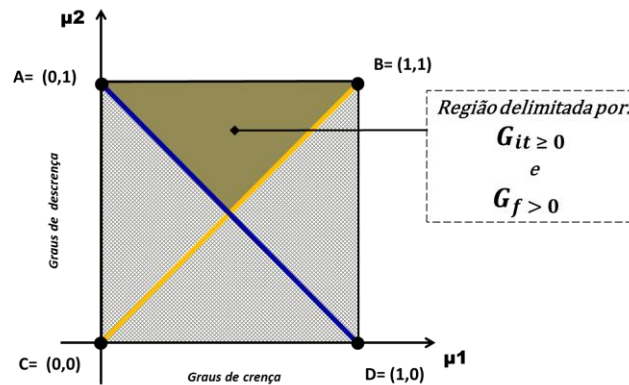
A partir destas fórmulas e da análise das regiões delimitadas nas diagonais do QUPC, pode-se determinar quatro regiões lógicas estabelecidas pela interseção das regiões sobredefinida e indireta, definida e direta, subdefinida e indireta e subdefinida e direta.

Abaixo serão definidas esquematicamente as condições (1, 2, 3 e 4) necessárias para a delimitação das quatro regiões lógicas do QUPC.

Condições 1 (Figura 20):

- $G_{it} > 0$ e $G_{id} < 0$; ponto resultante está “acima” da linha perfeitamente definida.
- $G_f > 0$ e $G_v < 0$; ponto resultante está “acima” da linha perfeitamente indefinida.

Figura 20 - O QUPC mostrando a união das regiões sobredefinida e indireta.

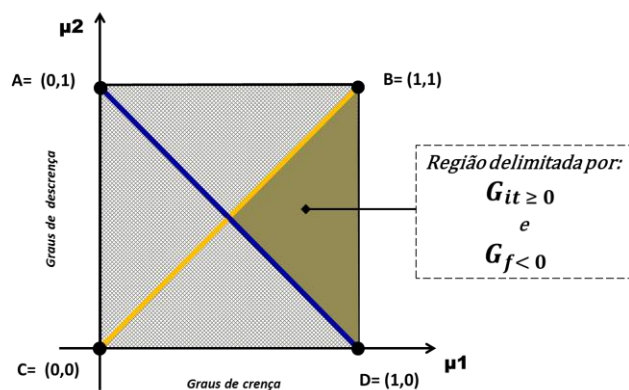


Fonte: Do autor

Condições 2 (Figura 21):

- $G_{it} > 0$ e $G_{id} < 0$; ponto resultante está “acima” da linha perfeitamente definida.
- $G_f < 0$ e $G_v > 0$; ponto resultante está “à direita” da linha perfeitamente indefinida.

Figura 21 - O QUPC mostrando a união das regiões sobredefinida e direta.

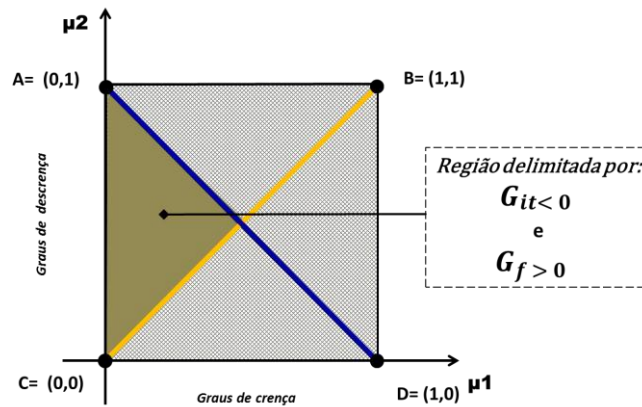


Fonte: Do autor

Condições 3 (Figura 22):

- $G_{it} < 0$ e $G_{id} > 0$; ponto resultante está “abaixo” da linha perfeitamente definida.
- $G_f > 0$ e $G_v < 0$; ponto resultante está “à direita” da linha perfeitamente indefinida.

Figura 22 - O QUPC mostrando a união das regiões subdefinida e indireta.

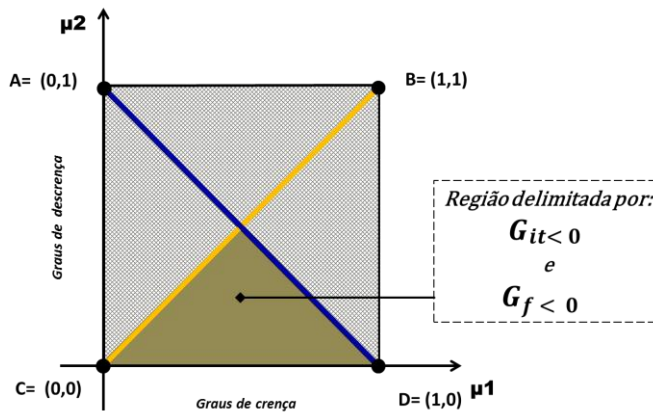


Fonte: Do autor

Condições 4 (Figura 23):

- $G_{it} < 0$ e $G_{id} > 0$; ponto resultante está “abaixo” da linha perfeitamente definida.
- $G_f < 0$ e $G_v > 0$; ponto resultante está “à esquerda” da linha perfeitamente indefinida.

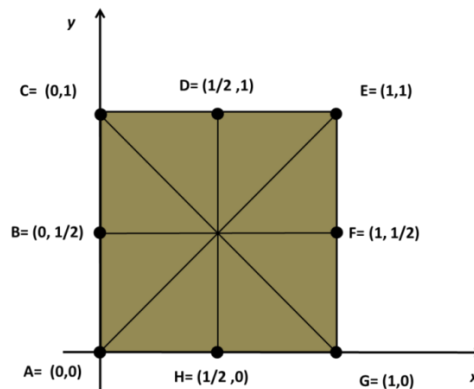
Figura 23 - O QUPC mostrando a união das regiões subdefinida e direta.



Fonte: Do autor

A delimitação de novas linhas dentro do QUPC resulta em novos estados lógicos, aumentando a precisão de análise das proposições verificadas pela LPA. A Figura 24 mostra as novas delimitações do QUPC. Esta nova configuração do reticulado baseado na adição de novas linhas resulta nas 8 regiões do Quadrado Unitário do Plano Cartesiano correspondendo posteriormente à 12 estados lógicos

Figura 24 - Reticulado da LPA no plano cartesiano mostrando a adição de novas regiões.

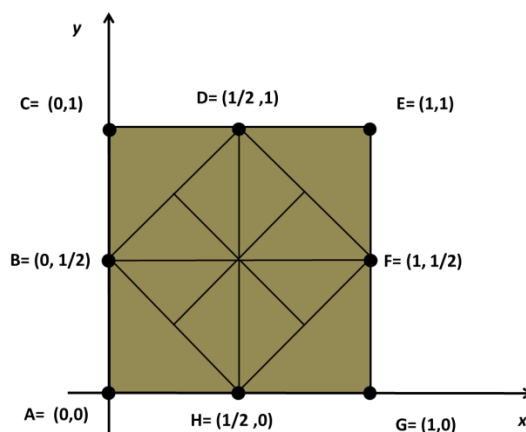


Fonte: Do autor

3.6 O QUADRADO UNITÁRIO DO PLANO CARTESIANO DE RESOLUÇÃO 12.

A delimitação das regiões dentro do QUPC permite um aumento no número de pontos e na quantidade de regiões ou estados lógicos como consequência permite uma maior resolução e resultados mais precisos. Esta nova configuração permite a implementação da LPA em sistemas de controle ou de um programa computacional eficiente (Figura 25).

Figura 25 - Reticulado da LPA no plano cartesiano mostrando a adição de novos pontos.



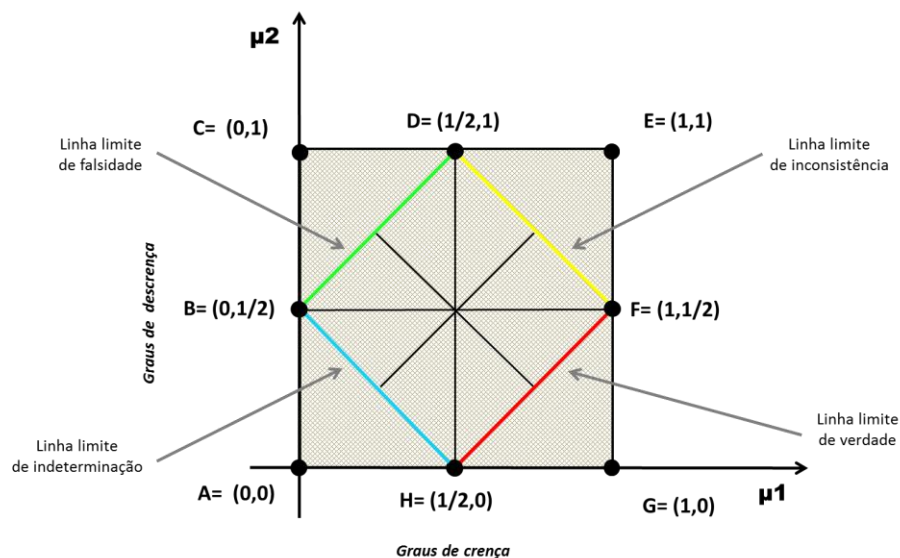
Fonte: Do autor

No presente trabalho considera-se apenas a divisão do QUPC em 12 regiões, conforme mostraremos em detalhes. No entanto a subdivisão é livre para cada especialista adequando-se à cada especialista ou características inerentes ao trabalho científico.

As retas que subdividem o QUPC são nomeadas da seguinte forma de acordo com a Figura 26:

- Segmento BD – Linha limite de Falsidade
- Segmento DF – Linha limite de Inconsistência
- Segmento FH – Linha limite de verdade
- Segmento HB – Linha limite de Indeterminação

Figura 26 - Representação das linhas limite no QUPC.



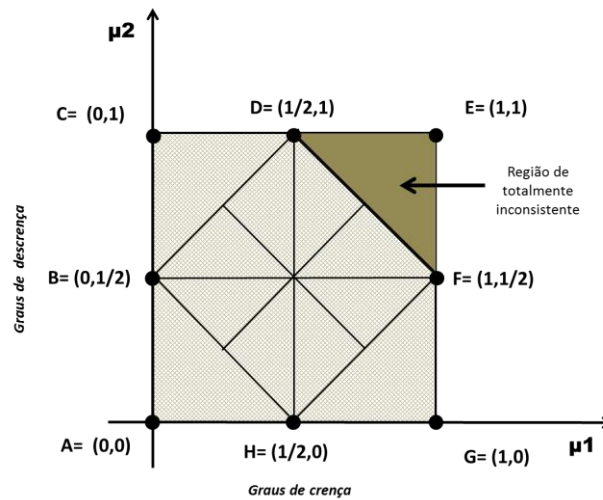
Fonte: Do autor

O acréscimo destas quatro linhas delimitam novas regiões ao QUPC e são nomeadas de acordo com sua proximidade como os pontos externos do reticulado. Primeiramente serão apresentados os quatros estados lógicos:

1. Inconsistente (T)
2. Indeterminado (\perp)
3. Falso (F)
4. Verdadeiro (V)

1. Quando o grau de crença e de descrença são altos (próximos ou iguais a 1) o estado é de *inconsistência*. Ou seja, quando $G_{it} \geq 1/2$ a saída lógica é *totalmente inconsistente* (Figura 27).

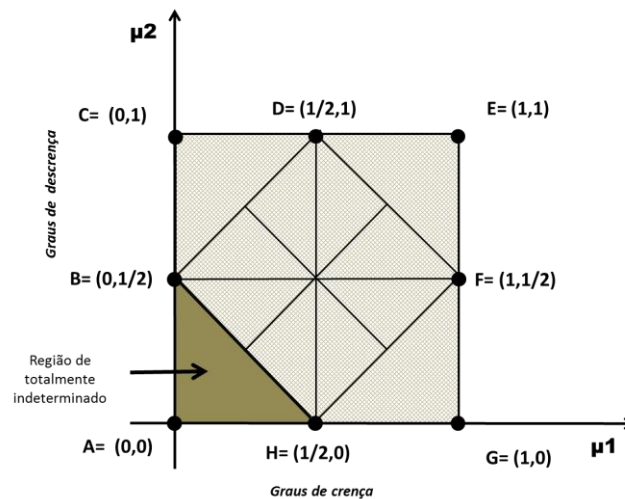
Figura 27 - Representação da região de totalmente inconsistente no QUPC.



Fonte: Do autor

2. Quando o grau de crença e descrença são baixos (próximos ou iguais a 0) o estado é de *indeterminação*. Ou seja, quando $G_{id} \leq 1/2$ a saída lógica é *totalmente indeterminado* (Figura 28).

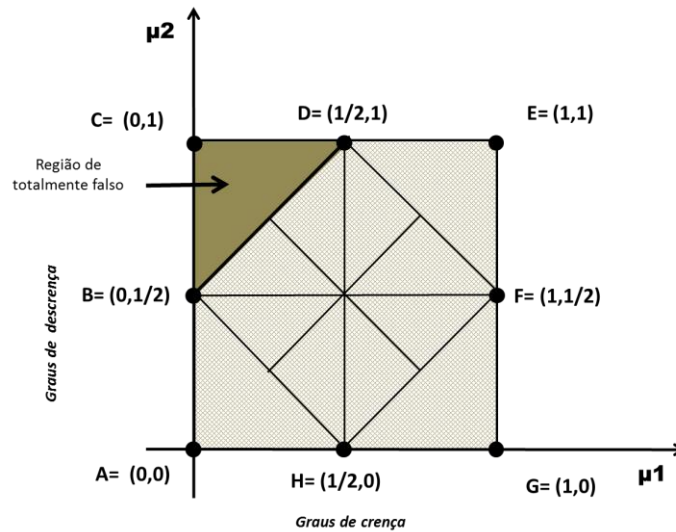
Figura 28 - Representação da região de totalmente indeterminado no QUPC.



Fonte: Do autor

3. Quando o grau de crença é baixo e o grau de descrença é alto simultaneamente, o estado é de *falsidade*. Ou seja, quando $G_f \leq 1/2$ a saída lógica é *totalmente falso* (Figura 29).

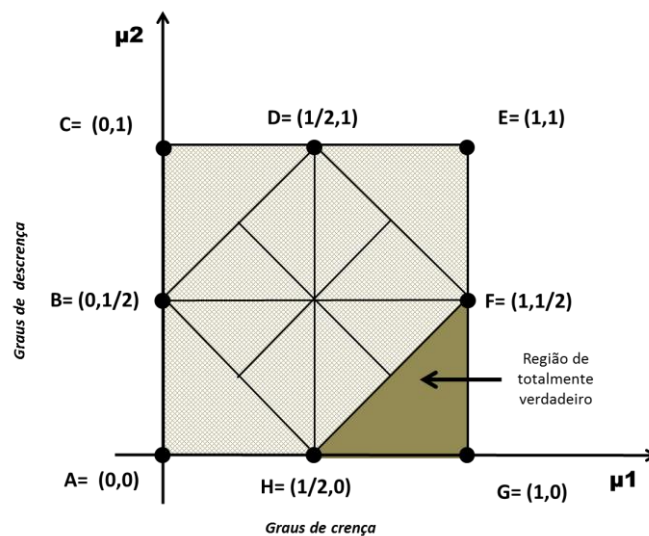
Figura 29 - Representação da região totalmente de falso no QUPC.



Fonte: Do autor

4. Quando o grau de crença são maiores ou iguais a $1/2$ e o grau de descrença tem valor igual ou menor que $1/2$, o estado é verdadeiro. Ou seja, quando $G_v \geq 1/2$ a saída lógica é *totalmente verdadeira* (Figura 30).

Figura 30 - Representação da região de totalmente verdadeiro no QUPC.



Fonte: Do autor

Os valores utilizados na comparação dos Graus de Inconsistência, Indeterminação, Falsidade e de Verdade estavam associados a um valor fixo $1/2$, podendo também ser alterado para facilitar a mobilidade e análise dos dados anotados e aperfeiçoar o algoritmo nos programas computacionais de controle.

As próximas figuras apresentaram os oitos estados lógicos definidas no interior do reticulado QUPC:

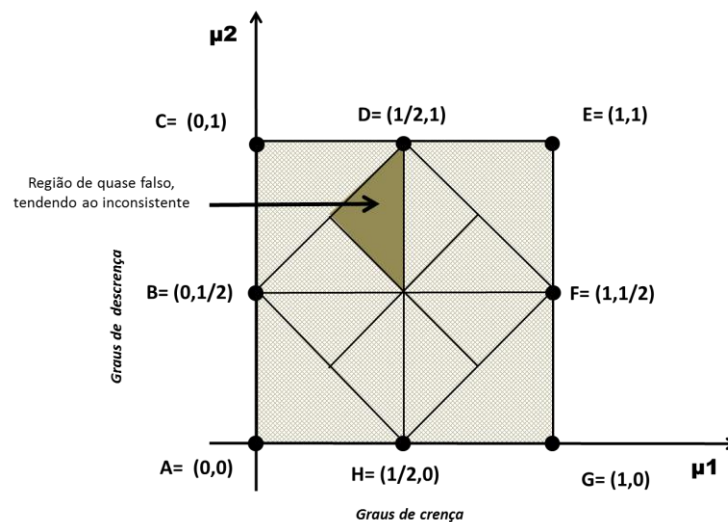
1. Quase falso, tendendo ao Inconsistente ($Q_f \rightarrow T$).
2. Quase falso, tendendo ao Indeterminado ($Q_f \rightarrow \perp$).
3. Quase verdadeiro, tendendo ao Indeterminado ($Q_v \rightarrow \perp$).
4. Quase verdadeiro, tendendo ao Inconsistente ($Q_v \rightarrow T$).
5. Inconsistente, tendendo ao Falso ($T \rightarrow f$).
6. Inconsistente, tendendo ao Verdadeiro ($T \rightarrow v$).
7. Indeterminado, tendendo ao Falso ($\perp \rightarrow f$).
8. Indeterminado, tendendo ao Verdadeiro ($\perp \rightarrow v$).

1. A região que está próxima à totalmente falsa e à direita da linha totalmente indefinida é denominada de quase falso, tendendo ao inconsistente (Figura 31).

Definição: Se $0 \geq G_f \geq -1/2$ e $1/2 < G_{it} \geq 0$ e $\mu_2 > 1/2$ e $1/4 \leq \mu_1 < 1/2$

Saída lógica: *Quase falso, tendendo ao inconsistente* ($Q_f \rightarrow T$).

Figura 31 - Representação da região de quase falso, tendendo ao inconsistente no QUPC.



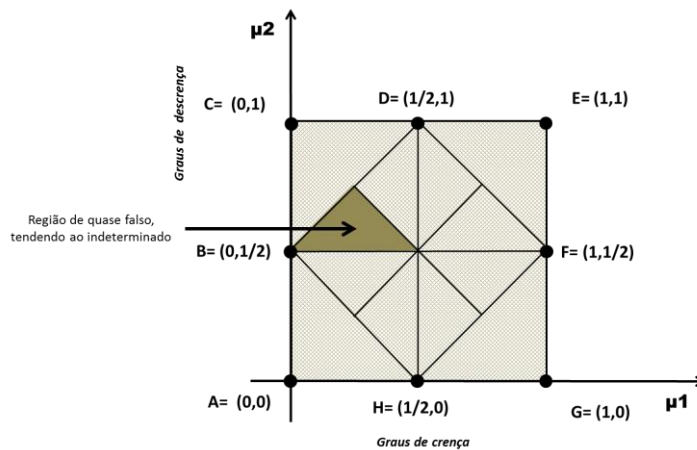
Fonte: Do autor

2. A região que está próxima à totalmente falsa e à esquerda da linha totalmente indefinida é denominada de quase falso, tendendo ao indeterminado (Figura 32).

Definição: Se $0 \geq G_f \geq -1/2$ e $-1/2 < G_{id} \leq 0$ e $1/4 \geq \mu_2 > 1/2$ e $\mu_1 < 1/2$

Saída lógica: *Quase falso, tendendo ao indeterminado* ($Q_f \rightarrow \perp$).

Figura 32 - Representação da região de quase falso, tendendo ao indeterminado no QUPC.



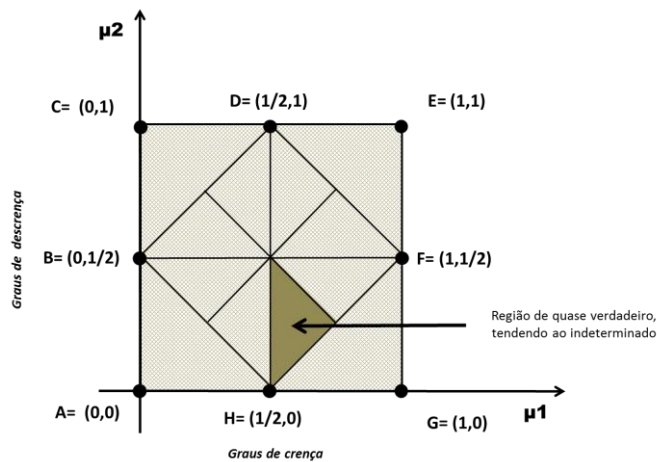
Fonte: Do autor

3. A região que está próxima à totalmente verdadeira e à esquerda da linha totalmente indefinida é denominada de quase verdadeiro, tendendo ao indeterminado (Figura 33).

Definição: Se $0 \geq G_v > -1/2$ e $-1/2 < G_{id} \leq 0$ e $3/4 \geq \mu_1 > 1/2$ e $\mu_2 < 1/2$

Saída lógica: *Quase verdadeiro, tendendo ao indeterminado* ($Qv \rightarrow \perp$).

Figura 33 - Representação da região de quase verdadeiro, tendendo ao indeterminado no QUPC.



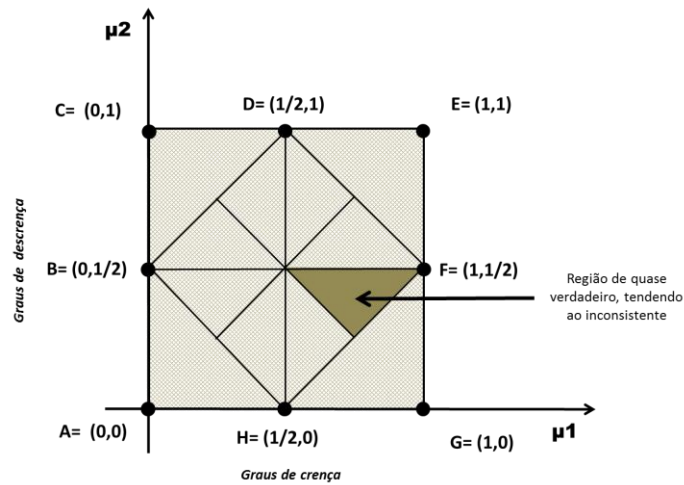
Fonte: Do autor

4. A região que está próxima à totalmente verdadeira e à direita da linha totalmente indefinida é denominada de quase verdadeiro, tendendo ao inconsistente (Figura 34).

Definição: Se $0 \geq G_{it} > 1/2$ e $1/2 < G_v \geq 0$ e $\mu_1 > 1/2$ e $1/4 \leq \mu_1 < 1/2$

Saída lógica: *Quase verdadeiro, tendendo ao inconsistente* ($Qv \rightarrow T$).

Figura 34 - Representação da região de quase verdadeiro, tendendo ao inconsistente no QUPC.



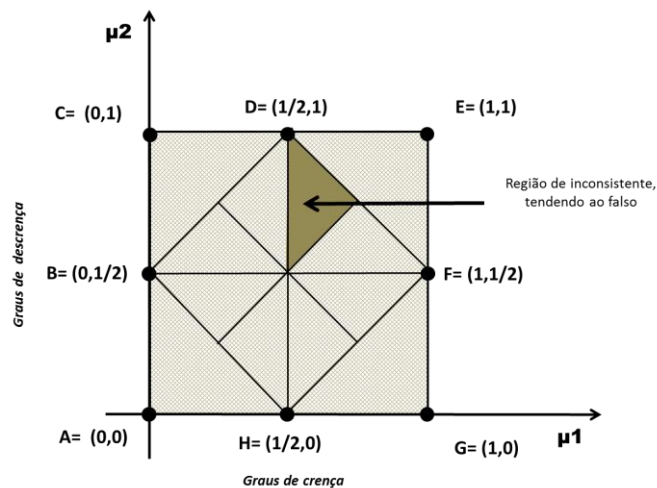
Fonte: Do autor

5. A região que está próxima à totalmente inconsistente e acima da linha totalmente indefinida é denominada de Inconsistente, tendendo ao falso (Figura 35).

Definição: Se $0 \geq G_f > -1/2$ e $1/2 < G_{it} \geq 0$ e $\mu_2 > 1/2$ e $3/4 \leq \mu_1 < 1/2$

Saída lógica: *Inconsistente, tendendo ao falso* ($T \rightarrow f$).

Figura 35 - Representação da região de inconsistente, tendendo ao falso no QUPC.



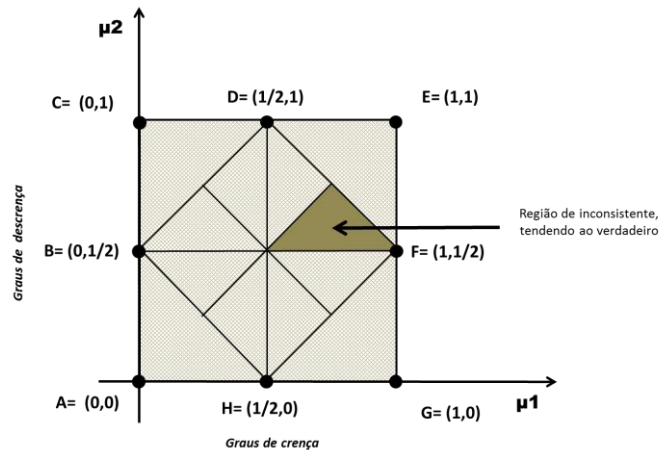
Fonte: Do autor

6. A região que está próxima à inconsistente e abaixo da linha totalmente indefinida é denominada de Inconsistente, tendendo ao verdadeiro (Figura 36).

Definição: Se $0 \geq G_{it} > 1/2$ e $-1/2 > G_v \leq 0$ e $3/4 \geq \mu_2 > 1/2$ e $\mu_1 > 1/2$

Saída lógica: *Inconsistente, tendendo ao verdadeiro* ($T \rightarrow v$).

Figura 36 - Representação da região de inconsistente, tendendo ao verdadeiro no QUPC.



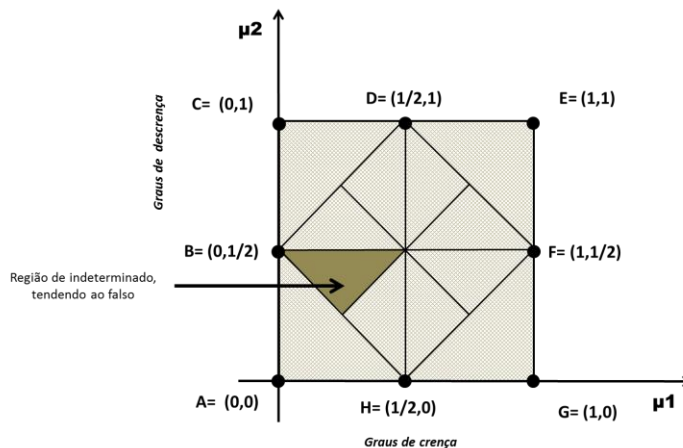
Fonte: Do autor

7. A região que está próxima à totalmente indeterminada, abaixo da linha totalmente indefinida e acima da linha definida é denominada de Indeterminado, tendendo ao falso (Figura 37).

Definição: Se $0 \geq G_f > 1/2$ e $-1/2 > G_{id} \leq 0$ e $1/2 \geq \mu_2 > 1/4$ e $\mu_1 < 1/2$

Saída lógica: *Indeterminado, tendendo ao falso* ($\perp \rightarrow f$).

Figura 37 - Representação da região de indeterminado, tendendo ao falso no QUPC.



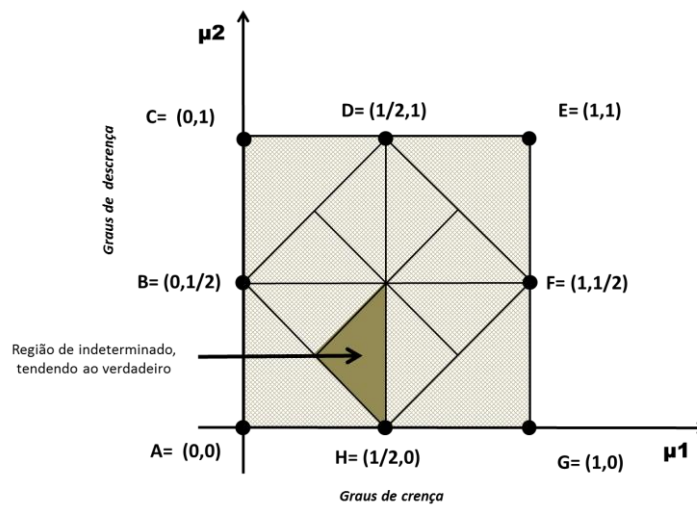
Fonte: Do autor

8. A região que está próxima à totalmente indeterminada e abaixo da linha totalmente indefinida e abaixo da linha totalmente definida é denominada de Indeterminado, tendendo ao verdadeiro (Figura 38).

Definição: Se $0 \geq G_{id} > -1/2$ e $1/2 < G_v \geq 0$ e $\mu_2 < 1/2$ e $1/4 \leq \mu_1 < 1/2$

Saída lógica: *Indeterminado, tendendo ao verdadeiro* ($\perp \rightarrow v$).

Figura 38 - Representação da região de indeterminado, tendendo ao verdadeiro no QUPC.



Fonte: Do autor

3.7 REPRESENTAÇÃO DO RETICULADO A PARTIR DOS VALORES DOS GRAUS DE CERTEZA E DE CONTRADIÇÃO.

De acordo com Costa (1999) os valores e as descrições obtidas a partir do QUPC podem ser também utilizadas no reticulado da LPA. Estes são caracterizadas como *graus de certeza e de contradição* e são apresentados na forma:

Graus de contradição (G_{ct}), onde:

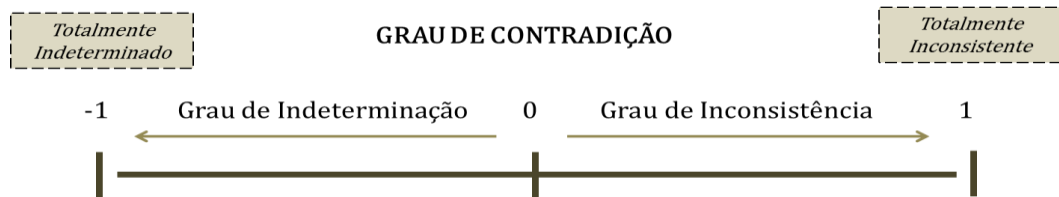
$$G_{ct} = \mu_1 + \mu_2 - 1, \text{ onde: } 0 \leq \mu_1 \leq 1 \text{ e } 0 \leq \mu_2 \leq 1 \quad (10)$$

Graus de certeza (G_c), onde:

$$G_c = \mu_1 - \mu_2, \text{ onde: } 0 \leq \mu_1 \leq 1 \text{ e } 0 \leq \mu_2 \leq 1 \quad (11)$$

O grau de contradição (G_{ct}) é caracterizado como o valor que representa no reticulado LPA a distância entre os dois estados extremos: o *Totalmente Indeterminado* e o *Totalmente Inconsistente*. O G_{ct} é representado pelo Grau de Indeterminação (G_{id}) e pelo Grau de Inconsistência (G_{it}) estando definido em um intervalo real fechado $[-1, 1]$ (Figura 39).

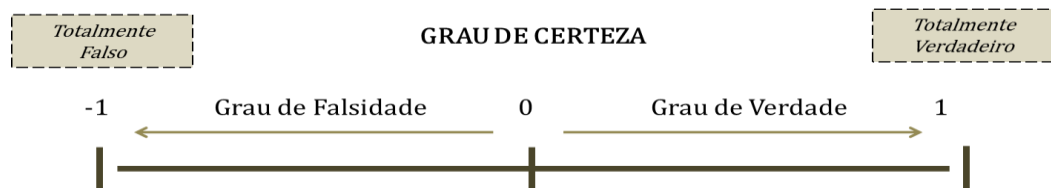
Figura 39 - Representação do eixo do grau de contradição.



Fonte: Do autor

O grau de certeza (G_c) é definido como o valor que representa no reticulado LPA a distância entre os dois estados extremos: o *Totalmente Falso* e o *Totalmente Verdadeiro*. O G_c é representado pelo Grau de Falsidade (G_f) e pelo Grau de Verdade (G_v) estando definido em um intervalo real fechado $[-1,1]$ (Figura 40).

Figura 40 - Representação do eixo do grau de certeza.



Fonte: Do autor

G_c e G_{ct} são grandezas intimamente ligadas no reticulado da LPA2v, desta forma, o estado resultante é obtido pela interligação dos dois graus. Não há como determinar o estado resultante analisando individualmente os valores de G_c e G_{ct} . A dependência dessas duas grandezas é apresentada pela imposição perpendicular dos eixos do Grau de Contradição e do Grau de Certeza no intervalo de valores intermediários -1 e 1.

A representação do reticulado da LPA2v definida anteriormente permite a quantificação e a equacionalização dos valores representativos dos graus de certeza e contradição.

Ou seja, as representações definidas no QUPC de resolução 12 são consideradas na leitura gráfica dos eixos de Contradição e Certeza, assim como na determinação de valores limites das regiões do reticulado, conforme mostrado na Tabela 09.

Tabela 09 - Valores do Grau de Certeza e Grau de Contradição das regiões definidas no QUPC de resolução 12 representativo da LPA2v.

Eixo Grau de Contradição	Representação do estado lógico
Grau de Contradição de valor maior ou igual a $\frac{1}{2}$	<i>Estado extremo totalmente inconsistente</i>
Grau de Contradição de valor menor ou igual a $-\frac{1}{2}$	<i>Estado extremo totalmente indeterminado</i>
Grau de Certeza de valor maior ou igual a $\frac{1}{2}$	<i>Estado extremo totalmente Verdadeiro</i>
Grau de Contradição de valor menor ou igual a $-\frac{1}{2}$	<i>Estado extremo totalmente Falso</i>

Fonte: Costa (1999)

As definições dos valores considerados anteriormente para a configuração do reticulado e do QUPC de resolução 12, ou seja, os valores em módulo igual ou acima de $\frac{1}{2}$ são relacionados aos estados extremos e os valores abaixo de $\frac{1}{2}$ resultam nos estados não extremos.

A descrição destes estados lógicos

V_{scc} – Valor superior de controle de certeza = $\frac{1}{2}$

V_{icc} – Valor inferior de controle de certeza = $-\frac{1}{2}$

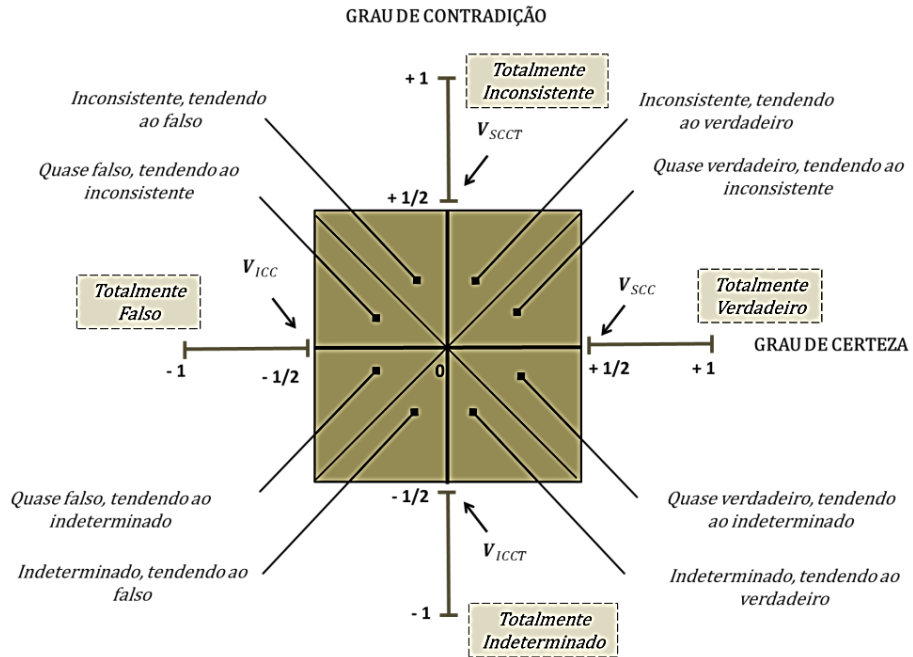
V_{scct} – Valor superior de controle de contradição = $\frac{1}{2}$

V_{icct} – Valor inferior de controle de contradição = $-\frac{1}{2}$

A Figura 41 mostra todos os estados lógicos definido no reticulado com os valores de controle, de acordo com as configurações apresentadas nos parágrafos acima.

Figura 41 - Representação dos estados extremos e não extremos com

$$V_{scct} = V_{scc} = 1/2 \text{ e } V_{icct} = V_{icc} = -1/2.$$

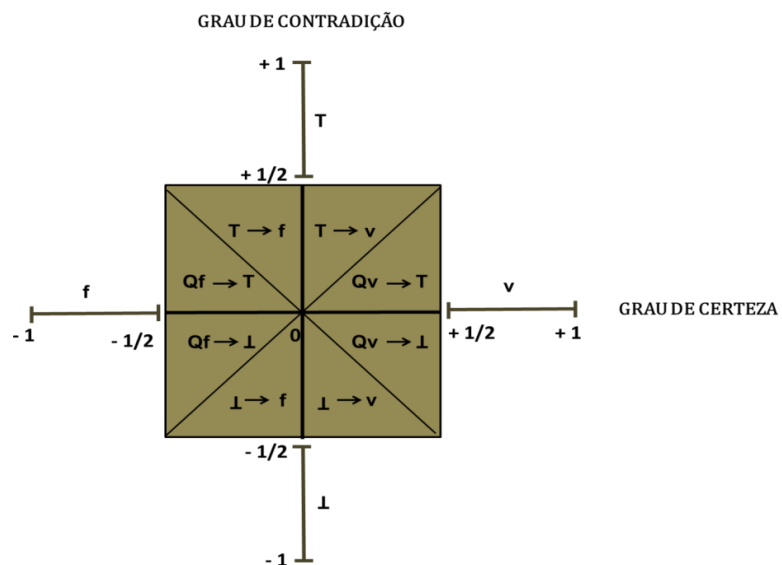


Fonte: Do autor

A simplificação do reticulado e a representação dos estados extremos lógicos são definidas em uma linguagem simbólica, a fim de facilitar a manipulação e análise dos dados conforme mostrado na Figura 42.

Figura 42: Representação simbólica dos estados extremos e não extremos com

$$V_{scct} = V_{scc} = 1/2 \text{ e } V_{icct} = V_{icc} = -1/2$$



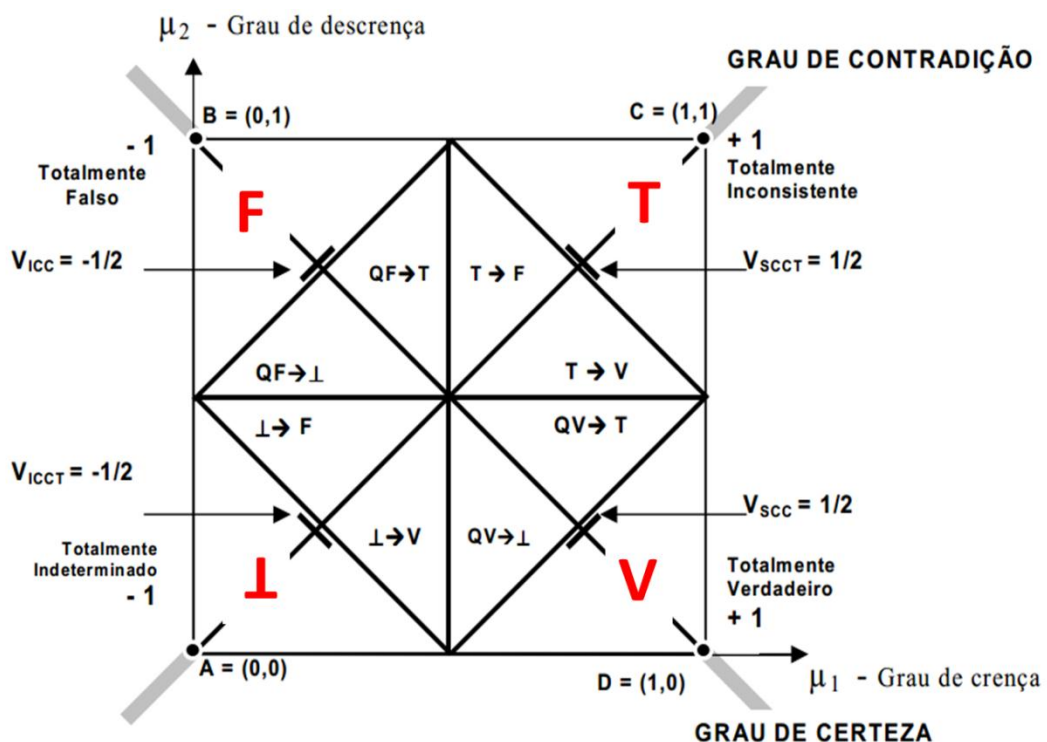
Fonte: Do autor

Os valores de V_{scct} , V_{scc} , V_{icct} e V_{icc} que limitam as regiões dos estados extremos das regiões do reticulado, que caracterizam os estados não extremos, não são necessariamente iguais em módulo haja vista que foi realizado um ajuste nesta configuração.

A variação nos valores fornecidos no reticulado da LPA pode ser definida conforme as necessidade e características de cada problemática. Os valores de ajustes limites considerados nos eixos de Certeza e de Contradição podem ser iguais ou diferentes, sendo que as variações nas regiões definidas no QUPC constituem uma nova variação nas regiões delimitadas pelo QUPC.

No presente trabalho trabalharemos com as configurações utilizadas no QUPC clássico da LPA, assim como demonstrado na Figura 43.

Figura 43 - Representação do Reticulado QUPC com o Reticulado Gc-Gct mostrando as regiões lógicas utilizadas no algoritmo paraconsistente.



Fonte: Modificado de Lemes Neto (2002)

4 O ALGORITMO PARANALISADOR

As definições teóricas utilizadas no capítulo anterior são as bases necessárias para o entendimento da implementação do algoritmo paranalizador em dados cujas inconsistências e ambiguidades não são detalhadas via lógica clássica (como exemplo a Lógica de Boole), já que esta utiliza a lei do terceiro excluído, impossibilitando uma análise mais detalhada dos dados.

Desta forma, a análise de informações pela LPA, permite uma análise mais consistente e coerente dos dados com ambiguidades, em virtude de considerar regiões existentes entre o “Verdadeiro” e o “Falso” definindo conceitos e tratando as inconsistências, indefinições e ambiguidades com melhor adequação dos detalhes.

Para a utilização do algoritmo “Paranalizador” elaborado pela LPA2v são utilizadas as variáveis simbólicas e as grandezas descritas anteriormente na interpretação do reticulado do QUPC.

Considerando os dozes estados definidos no reticulado QUPC:

- Quatro estados extremos
 - V – Verdadeiro
 - F – Falso
 - T – Inconsistente
 - \perp – Indeterminado

- Oito estados não extremos
 - T \rightarrow v – Inconsistente, tendendo ao Verdadeiro.
 - T \rightarrow f – Inconsistente, tendendo ao Falso.
 - \perp \rightarrow v – Indeterminado, tendendo ao Verdadeiro.
 - \perp \rightarrow f – Indeterminado, tendendo ao Falso.
 - Qv \rightarrow T – Quase Verdadeiro tendendo ao Inconsistente.
 - Qf \rightarrow T – Quase Falso tendendo ao Inconsistente.
 - Qv \rightarrow \perp – Quase Verdadeiro tendendo ao Indeterminado.
 - Qf \rightarrow \perp – Quase Falso tendendo ao Indeterminado.

As variáveis de entrada dos valores a serem analisados, cujas proposições A e B são correlatas à respeito de uma problemática.

μ_1 – Grau de crença da proposição A

μ_2 – Grau de descrença da proposição B

e, os valores de relacionais referentes à cada região do reticulado:

G_{it} – Grau de inconsistência, onde:

$$G_{it} = \mu_1 + \mu_2 - 1 \text{ se e somente se: } (\mu_1 + \mu_2) \geq 1$$

G_{id} – Grau de indefinição, onde:

$$G_{id} = \mu_1 + \mu_2 - 1 \text{ se e somente se: } (\mu_1 + \mu_2) \leq 1$$

G_v – Grau de verdade, onde:

$$G_v = \mu_1 - \mu_2 \text{ se e somente se: } (\mu_1 \geq \mu_2)$$

G_f – Grau de falsidade, onde:

$$G_f = \mu_1 - \mu_2 \text{ se e somente se: } (\mu_1 \leq \mu_2)$$

G_{ct} – Grau de contradição, onde:

$$G_{ct} = \mu_1 + \mu_2 - 1, \text{ onde: } 0 \leq \mu_1 \leq 1 \text{ e } 0 \leq \mu_2 \leq 1$$

G_c – Grau de certeza, onde:

$$G_c = \mu_1 - \mu_2, \text{ onde: } 0 \leq \mu_1 \leq 1 \text{ e } 0 \leq \mu_2 \leq 1$$

São utilizadas também as variáveis de controle do reticulado da LPA2v:

V_{scc} – Valor superior de controle de certeza.

V_{scct} – Valor superior de controle de contradição.

V_{icc} – Valor inferior de controle de certeza.

V_{icct} – Valor inferior de controle de contradição.

Após as definições de todas as variáveis de entrada e saída envolvidas na programação do algoritmo paranalizador e das informações de cada variável dentro do reticulado, a apresentação do programa segue a seguinte sequência.

ALGORITMO “PARANALISADOR”

Lógica Paraconsistente Anotada de Anotação com dois Valores-LPA2v

**/Definições dos valores*/*

$V_{scc} = C_1$	<i>*/ Definição do valor superior de controle de certeza*/</i>
$V_{icc} = C_2$	<i>*/ Definição do valor inferior de controle de certeza*/</i>
$V_{scct} = C_3$	<i>*/ Definição do valor superior de controle de contradição.*/</i>
$V_{icct} = C_4$	<i>*/ Definição do valor inferior de controle de contradição.*/</i>

**/Variáveis de entrada*/*

μ_1	<i>*/ Definição do valor de crença*/</i>
μ_2	<i>*/ Definição do valor de descrença*/</i>

**/Variáveis de saída*/*

Saída discreta = S_1

Saída analógica = S_{2a}

Saída analógica = S_{2b}

**/Expressões matemáticas*/*

sendo : $0 \leq \mu_1 \leq 1$ e $0 \leq \mu_2 \leq 1$

$$G_{ct} = \mu_1 + \mu_2 - 1$$

$$G_c = \mu_1 - \mu_2$$

/determinação dos estados extremos/

Se $G_c \geq C_1$ então $S_1 = V$

Se $G_c \leq C_2$ então $S_1 = F$

Se $G_{ct} \geq C_3$ então $S_1 = T$

Se $G_{ct} \leq C_4$ então $S_1 = \perp$

/determinação dos estados não-extremos/

Para $0 \leq G_c < C_1$ e $0 \leq G_{ct} < C_3$
 se $G_c \geq G_{ct}$ então $S_1 = Q_v \rightarrow T$
 se $G_c < G_{ct}$ então $S_1 = T \rightarrow v$

Para $0 \leq G_c < C_1$ e $C_4 < G_{ct} \leq 0$
 se $G_c \geq |G_{ct}|$ então $S_1 = Q_v \rightarrow \perp$
 se $G_c < |G_{ct}|$ então $S_1 = \perp \rightarrow v$

Para $C_2 < G_c \leq 0$ e $C_4 < G_{ct} \leq 0$
 se $|G_c| \geq |G_{ct}|$ então $S_1 = Q_f \rightarrow \perp$
 se $|G_c| < |G_{ct}|$ então $S_1 = \perp \rightarrow f$

Para $C_2 < G_c \leq 0$ e $0 \leq G_{ct} < C_3$
 se $|G_c| \geq G_{ct}$ então $S_1 = Q_f \rightarrow T$
 se $|G_c| < G_{ct}$ então $S_1 = T \rightarrow f$

$$G_{ct} = S_{2a}$$

$$G_c = S_{2b}$$

/FIM/

5 DESCRIÇÃO DO SISTEMA LPA2v DESENVOLVIDO PARA A INTERPRETAÇÃO DOS PERFIS GEOFÍSICOS DE POÇOS PARA EXPLOTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

O Sistema desenvolvido a partir da LPA2v utilizou as ferramentas lógicas do programa Matlab (The Language of Technical Computing), com licença (LIEG/FAGEOF/IG/UFPA) a fim de reunir e processar as informações necessárias para a realização de uma avaliação e análise consistente e coerente dos dados de perfis de poço (Panorama XXI e UFPA P4).

Antes de ser apresentado o modelo de processamento dos dados a partir da LPA2v para o presente trabalho, faz-se necessário uma definição prévia das características e particularidades das “ambiguidades/inconsistências” encontradas nos perfis de poços.

5.1 ANÁLISE E CARACTERÍSTICAS DAS SENTENÇAS AFIRMATIVAS SER ARGILA/ ARENITO A PARTIR DA ANÁLISE PARACONSISTENTE DOS PERFIS COMBINADOS.

As “ambiguidades” são consideradas intrínsecas aos perfis individuais de poços, na medida em que é realizada a combinação de n perfis na etapa de interpretação. Elas podem diminuir, porém as inconsistências tendem a ser mais perceptíveis. De forma que a análise individual de apenas um perfil geofísico não perfaz uma boa análise e interpretação, e na análise conjunta, as inconsistências devem ser tratadas.

O tipo de análise realizada nos perfis pode ser sobre o valor absoluto ou sobre o valor relativo do perfil em profundidade. Na análise absoluta, leva-se em conta apenas a faixa de variação do sinal do perfil, sendo estabelecida uma faixa estabelecida para uma determinada litologia. Enquanto na análise relativa são consideradas apenas as variações entre o máximo e mínimo do sinal de cada registro.

A inconsistência surge quando um determinado perfil indicar uma possível litologia e outro perfil não indicar a mesma possibilidade. Neste caso, o conflito de possibilidades é resolvido estendendo o leque de possibilidades.

É certo que para um mesmo sistema litológico invariável no tempo da medida (comportamento radial), os parâmetros físicos exibirão apenas valores únicos. Assim, a ambiguidade não está intrínseca aos parâmetros medidos do meio e sim ao processo de interpretação que está baseado em padrões de comportamentos. Na análise LPA se propõe avaliar estes comportamentos e indicar a possibilidade litológica mais adequada para o conjunto de perfis analisados.

Como já referido anteriormente, as ambiguidades são inclusas nos perfis de poço na medida em que cada perfil apresenta o mesmo sinal resultante para litologias distintas. Como exemplo, podemos citar o caso das argilas que podem variar em uma ampla faixa de API, de forma semelhante que um arenito arcossiano pode produzir radiação gama na mesma faixa da argila. Entretanto, tal ambiguidade pode ser reduzida com a análise dos perfis de Resistividade e pelo perfil de Potencial Espontâneo (SP):

1. Perfil de Resistividade: Normalmente para as argilas, a resistividade observada será bem menor do que a resistividade da areia arcossiana.

2. Perfil de SP: Para casos em que o arenito arcossiano contém água de formação com concentrações de sais, diferente da lama de perfuração, o perfil de SP será defletido indicando a presença de um arenito contendo água mais salgada, o que possibilita novas conclusões.

5.2 PROPOSIÇÕES E DEFINIÇÕES DOS SENSORES GEOFÍSICOS COM BASE NA LPA.

O processamento dos dados (valores) correspondentes a cada perfil geofísico analisado e utilizado pela LPA exige o detalhamento de cada objeto de observação (proposições e os sensores).

1. Proposições utilizadas na análise LPA2v:

Escolhe-se as proposições **A, B, C e D** tal que cada proposição definida contém um par de fatores que determinam o grau de crença e de descrença de uma proposição pré-estabelecida (μ_1 , μ_2).

Se as proposições **A** e **B** são correlatas, ou seja, fornecem informações afirmativas da mesma proposição, os parâmetros μ_1A e μ_2B formarão o novo par (μ_1, μ_2) que será utilizado no processador paraconsistente.

E se a proposição **B** for a negativa da proposição **A**, manipula-se a proposição **B** tal que ela possa servir de contra argumento à proposição **A**. Assim, se as duas proposições são afirmativas e complementares em relação a um determinado questionamento, então uma delas é negada a uma das proposições gerando o seu complementar. Ou seja, $\mu_1 + \mu_2$ da proposição é sempre igual a *uma unidade*.

No entanto, se a proposição **B** indica a negativa da proposição **A**, então, toma-se a negativa de **B** ($\neg B$) como $\mu_2B = 1 - \mu_1B$ como uma nova afirmativa, de tal forma que o par (μ_1, μ_2) de **B** é refletido gerando a definição:

$$(\mu_1, \mu_2)_B = (\mu_1, \mu_2)_{\neg B} \quad (12)$$

2. Os sensores da ferramenta de perfilagem:

A LPA aplicada à geofísica de poço será construída de tal forma que cada sensor geofísico gera um par de coordenadas (μ_1, μ_2) perfeitamente definido. Por exemplo, o sensor de raios gama natural (NGAM) definido na perfilagem geofísica de poço (PGP), será tomado como a afirmativa da presença de folhelho, argilas e outros materiais contendo elementos radiogênicos. Dessa afirmativa definimos μ_1 como sendo verdade e μ_2 como sendo falsa afirmativa, tal que $\mu_1 + \mu_2 = 1$.

De forma análoga, cada sensor gera seu par coordenado (μ_1, μ_2) perfeitamente definido de determinada afirmativa.

Após a escolha dos sensores, seus pares coordenados (afirmativa/falsidade) devem ser manipulados de tal forma que possibilite a combinação de dois ou mais sensores gerando um novo par coordenado para uma determinada afirmativa com seu grau de crença e grau de descrença que agora já não é mais perfeitamente definido, ou seja, $0 \leq (\mu_1 + \mu_2) \leq 2$.

A partir deste momento é que surgem as contradições e indeterminações devido às ambiguidades de cada sinal, tal como na análise dos perfis da PGP analisados pelo intérprete.

O par (μ_1 , μ_2) da afirmativa será então tratado pelo Paranalizador na tentativa de resolver os conflitos gerados quando $\mu_1 + \mu_2 \neq 1$.

Os dados dos sensores devem ser ajustados e normalizados dentro da faixa (0-1), de tal forma que o par perfeitamente definido de cada sensor possa ser gerado, tal que:

$\mu_1 \rightarrow$ A afirmativa proposta pelo sensor.

$\mu_2 = 1 - \mu_1 \rightarrow$ A negativa da proposta afirmativa do sensor.

Assim, o sensor NGAM citado anteriormente, após ajustes e normalizações será definido como INGAM composto por dois parâmetros μ_1 e μ_2 perfeitamente definidos.

3. Ajustes e normalizações dos sensores:

Cada perfil (valores) é devidamente analisado. Entretanto, é difícil delimitar as variações dos parâmetros geofísicos de forma absoluta, restando apenas faixas de variações, pois muitas variáveis podem contribuir para um determinado parâmetro estimado.

Assim, é mais coerente analisar os dados dos sensores dentro de uma faixa aceitável para a variação do parâmetro característico, bem como suas variações máximas e mínimas dentro desta faixa.

A escolha dos sensores deve ser tal que exista uma boa correlação entre eles em torno de uma determinada afirmativa. Para definir a *afirmativa presença de argila* é natural escolher o sensor gama (NGAM), em contrapartida o sensor *negação da presença de argila* na formação será o sensor resistividade (SPR).

Outro fator importante na caracterização da litologia refere-se ao grau de influência de determinados parâmetros sobre o sensor.

Para raios gama naturais (elementos radiogênicos) que emanam da formação (supondo que a lama de perfuração do poço pouco influencie na detecção do NGAM - sem a presença de barite ou KCL) é coerente a associação do registro de NGAM às litologias atravessadas pelo poço. O que remete à seguinte conclusão: o sensor NGAM, na LPA2v, mapeará regiões caracterizadas como *regiões argilosas* e *regiões não-argilosas* de forma que a certificação da litologia (leitura dos dados) no

reticulado da QUPC poderá também ser inferida pelos dados (valores) de outros sensores (parâmetros), como exemplo o sensor SP.

O segundo parâmetro utilizado nesta lógica correlato à litologia e que sofre pouca influência da presença do poço é o SPR (Resistência). Este perfil registra os valores de resistência de camadas existentes entre um ponto localizado no interior do poço e um segundo ponto localizado na superfície.

Os sensores geofísicos (valores obtidos via perfil) serão ajustados e normalizados a fim de serem adequados à LPA.

As tabelas 10, 11 e 12 detalham as respostas qualitativas obtida na ferramenta da PGP analisados pelos sensores que foram renomeados em INGAM (Índice Raios gama), ISPR (Índice Resistência), ISP (Índice Potencial Espontâneo), ILON (Índice Resistividade Normal Longa), ITP (Tempo de Penetração) e ISHN (Índice Resistividade Normal Curta).

A quantidade de setas indicadas nas tabelas abaixo será utilizada como fator de intensidade de cada característica inferida na mesma.

Tabela 10 - Proposição Arenito

Aumento nos parâmetros	Proposição A			Proposição B		
	$(\mu_{1INGAM}, \mu_{2SPR})$		$(\mu_{1ISP}, \mu_{2NLON})$	(μ_{1ITP}, μ_{2SHN})		
	INGAM	ISPR	ISP	ILON	ITP	ISHN
Porosidade/ permeabilidade	-	↓	↓	↓	↓	↓
Concentração iônica	-	↓	↓↓	↓	-	↓
Argilosidade	↑	↓↓	↑	↓↓	↑	↓↓

Fonte: Do autor

Tabela 11- Proposição Calcário

Litologia	Proposição A			Proposição B		
	$(\mu_{1INGAM}, \mu_{2SPR})$		$(\mu_{1ISP}, \mu_{2NLON})$	(μ_{1ITP}, μ_{2SHN})		
	INGAM	ISPR	ISP	ILON	ITP	ISHN
Calcário não fraturado	↓	↑	↑	↑	↑	↑

Fonte: Do autor

Tabela 12- Proposição Argila

Litologias	Proposição A			Proposição B		
	$(\mu_{1NGAM}, \mu_{2SPR})$		(μ_{1SP}, μ_{2NLON})		(μ_{1TP}, μ_{2SHN})	
	INGAM	ISPR	ISP	ILON	ITP	ISHN
Argila	↑	↓ ↓	↑	↓	↑	↓
Arcósio	↑	↑	↓	↑	↓	↑
Argilas resistivas	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Rochas densas radiogênicas	↑	↑ ↑	↑	↑ ↑	↑ ↑ ↑	↑ ↑

Fonte: Do autor

Tabela 13 - Proposição Água

Água de formação	Proposição A			Proposição B		
	$(\mu_{1NGAM}, \mu_{2SPR})$		(μ_{1SP}, μ_{2NLON})		(μ_{1TP}, μ_{2SHN})	
	INGAM	ISPR	ISP	ILON	ITP	ISHN
Doce	-	↓	↓	↓	↓	↓
Salgada	-	↓ ↓	↓ ↓	↓ ↓	↓	↓ ↓

Fonte: Do autor

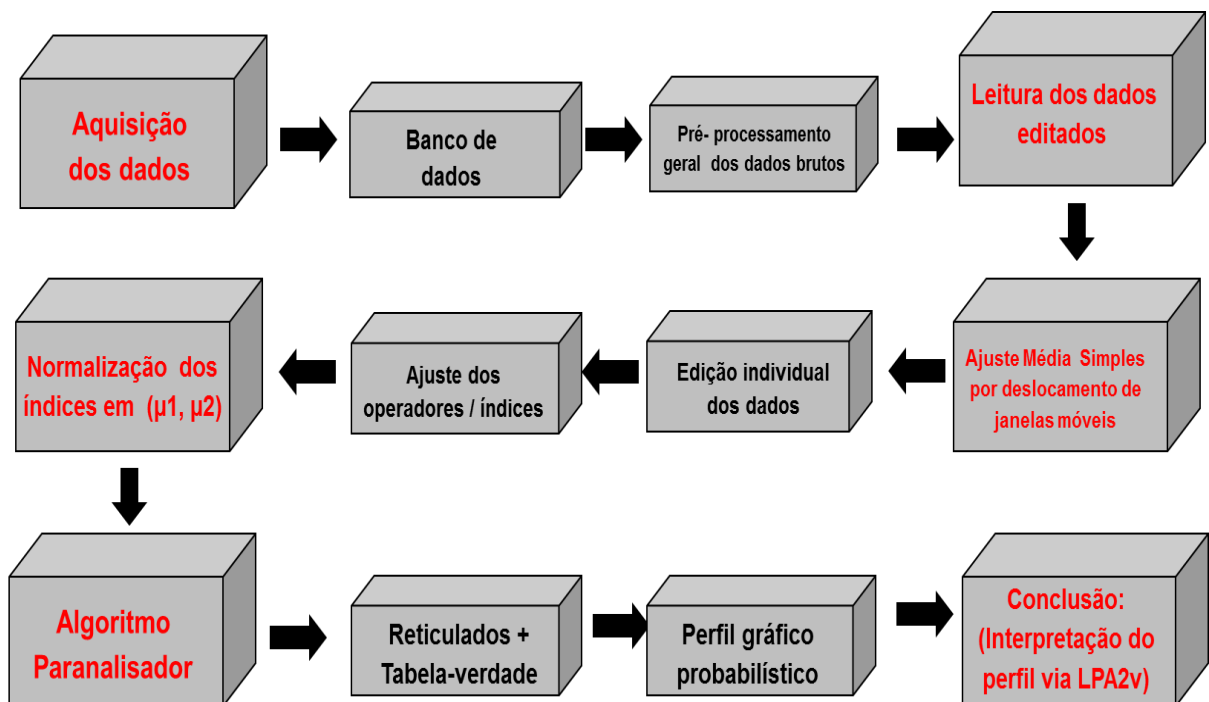
Como ressaltado anteriormente, este trabalho irá utilizar quatro proposições de análise. Os sensores utilizados para análise serão: NGAM x SPR e SP x NLON. Tais que as proposições ou sistemas especialistas terão os seguintes pares:

- Proposição (A): INGAM (μ_{1A}, μ_{2A})
- Proposição negada de (B): \overline{ISPR} ($\overline{\mu_{1B}}, \overline{\mu_{2B}}$)
- Proposição (C): ISP (μ_{1C}, μ_{2C})
- Proposição negada de (D): \overline{ILON} ($\overline{\mu_{1D}}, \overline{\mu_{2D}}$)

5.3 ELABORAÇÃO DO SISTEMA LPA2v E A SEQUÊNCIA DO TRATAMENTO DOS DADOS.

A Figura 44 mostra um diagrama de blocos que sintetiza o sistema de aquisição de dados desenvolvido em 12 etapas para a adequação dos dados à LPA2v.

Figura 44 - Diagrama de blocos com as etapas necessárias para a obtenção do perfil de análise.



Fonte: Do autor

Para validar a metodologia desenvolvida pela LPA2v utilizou-se um sistema que objetiva a consistência de dados e a leitura do mesmo nos reticulados da Lógica Paraconsistente (Algoritmo). Abaixo são detalhadas as etapas apresentadas no sistema de blocos apresentado anteriormente na figura 44:

Etapa 1. Aquisição dos dados: Perfilagem geofísica para obtenção dos perfis geofísicos e dados brutos;

Etapa 2. Banco de dados: Coleta e organização dos perfis para a edição dos dados;

- Etapa 3. Pré-processamento geral dos dados brutos:** Análise visual dos perfis geofísicos de poço (Etapa 2) e seleção dos pontos (profundidades) no perfil que devem ser editados. Nesta etapa os dados brutos do perfil original (leitura digitalizada pelo equipamento Perfilador WIN LOGGER RG - Electric Sonder ELXG) foram reeditados apenas nos pontos em que ocorreram erros da sonda (picos acima da média considerável) e corte/seleção das profundidades que seriam investigadas (início e término do topo e base de profundidades);
- Etapa 4. Leitura dos dados editados:** Os dados editados na Etapa 3 serão lidos pelo programa 1 "QUPC.m" para alocação de variáveis e vetores.
- Etapa 5. Ajuste Média Simples por deslocamento de janelas móveis:** Os dados da Etapa 4 são tratados em uma sub-rotina (Matlab) que ajusta os dados editados da etapa anterior em uma média por janela móvel que se movimenta a cada novo conjunto de dados. Esta abordagem reduz a quantidade de dados no perfil, suaviza as curvas (retira ruídos) e ajuda a identificar a tendência vigente do perfil geofísico. O tamanho da janela (w) pode ser ajustado de acordo com a variação média dos dados (baseado na análise visual). Foi utilizada uma janela móvel com 20 pontos. Os 20 pontos dentro da janela sofrem então uma média aritmética simples, gerando um ponto médio a cada $w/2$ com sobreposição de 50%. Cada ponto está distante 0,2 m um do outro. Os cinco vetores usados nesta etapa foram profundidade (DTH), Normal Curta (SHN), Resistência (SPR), Normal Longa (LON), Gama Natural (NGAM) e Potencial Espontâneo (SP).
- Etapa 6. Edição individual dos dados:** Nesta etapa são definidos os pontos máximos e mínimos de cada perfil resultante da etapa 5, a fim de ser feita a normalização do mesmo.
- Etapa 7. Ajuste dos operadores/ índices:** Cada sensor é pré-definido como um Índice analisador, tal que são caracterizados como INGAM, ISPR, ISP ILON e ISHN.
- Etapa 8. Normalização dos índices em (μ_1, μ_2):** Normalização dos dados da Etapa 7, tal que $0 \leq \mu_1 \leq 1$ e $0 \leq \mu_2 \leq 1$. Nesta etapa, os dados editados devem ser definidos de acordo com a proposição e objetivo do

trabalho, ou seja, é determinada à normalização apenas dos sensores que propõem um Grau de Crença e Grau de Descrença para um determinado fator, sendo estes normalizados dentro da faixa de zero a um.

- Etapa 9. Algoritmo Paranalizador:** Os dados da Etapa 8 são lidos no Programa (Algoritmo Paranalizador) da LPA2v.
- Etapa 10. Reticulados + Tabela-verdade:** Saída visual dos dados processados na Etapa 9.
- Etapa 11. Perfil gráfico probabilístico:** Perfil sintético fornecido pelo Algoritmo Paraconsistente adaptado à leitura dos dados dos perfis geofísicos.
- Etapa 12. Conclusão (Interpretação do perfil via LPA2v):** Análise/comparação do perfil gráfico probabilístico (LPA2v) da Etapa 11 com o perfil geológico e a possível correlação do mesmo com a análise fornecida pelo intérprete (Relatórios Técnico de cada poço).

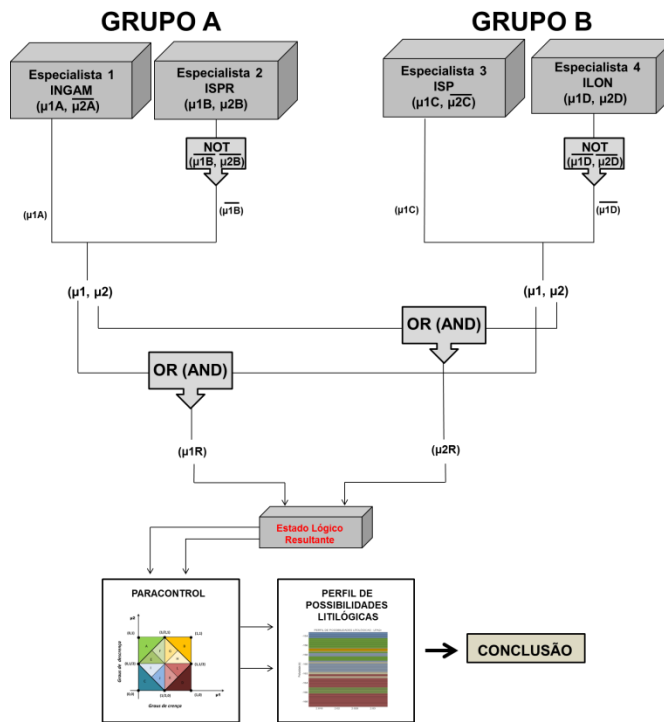
As quatro proposições (P_A , P_B , P_C e P_D) são definidas em pares (μ_1 , μ_2). O resultado da análise conjunta dos sensores irá indicar um método mais eficaz para a identificação das litologias atravessadas pelo poço.

A saída lógica fornecida a partir das operações dos conectivos OR e AND nas proposições (P_A e P_B) e proposições (P_C e P_D) resulta em um estado lógico denominado de *Estado Lógico Resultante* (μ_{1R} , μ_{2R}).

O Diagrama de Blocos evidenciado na Figura 45 está dividido em Grupo A e Grupo B. Este diagrama foi utilizado apenas para a qualificação e análise visual dos resultados. Os resultados evidenciados pelo diagrama da Figura 45 não apresentaram coerências com os perfis adicionais (geofísico e geológico), devido o perfil de SP ser influenciado pela variação de polaridade e por não ter-se a posição exata da linha de folhelho (mesmo que esta característica tenha sido tratada na etapa de edição dos perfis).

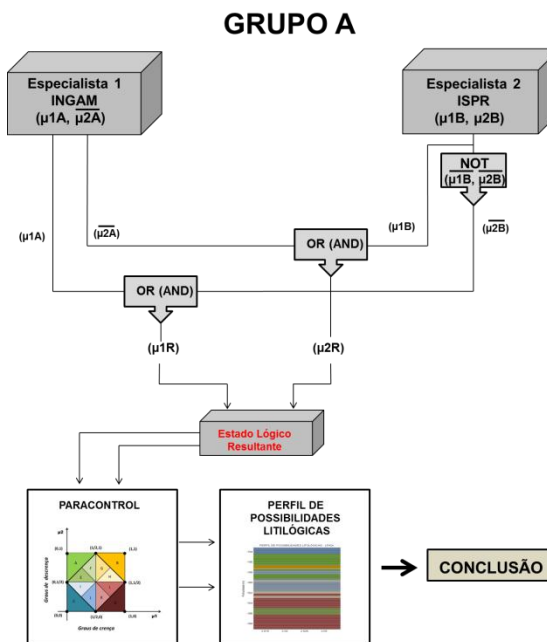
A operação mais coerente com os conectivos OR e AND ficou restrita apenas para os pares do Grupo A (μ_{1A} , μ_{2B}), apresentado na Figura 46, pois tais pares de sensores NGAM e SPR identificam melhor as interfaces litológicas.

Figura 45 - Sistema especialista paraconsistente utilizado apenas para análise visual das proposições baseadas na Interpretação de perfis geofísicos de poços via LPA2v.



Fonte: Do autor

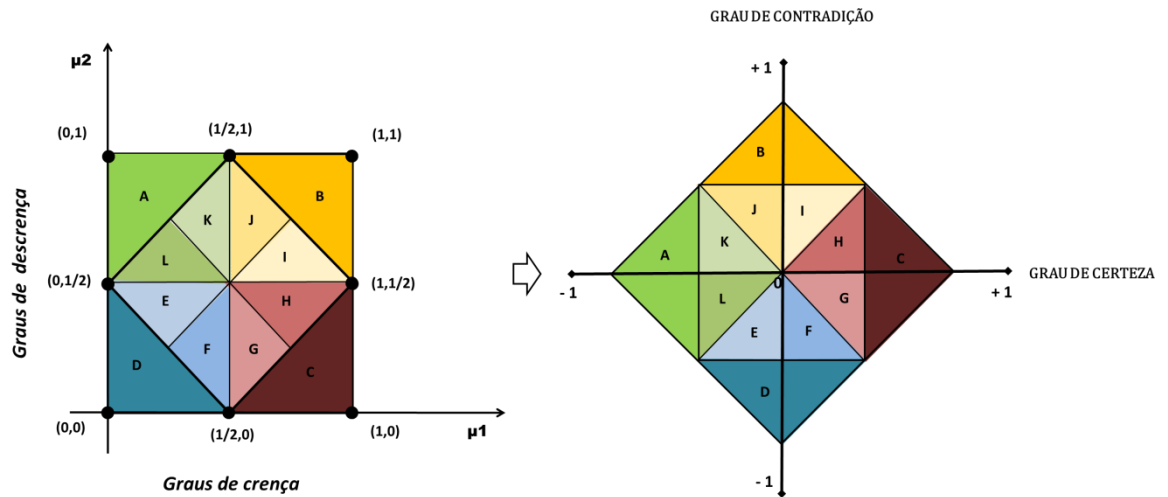
Figura 46 - Rede de sistema especialista paraconsistente para análise da proposição “Interpretação de perfis geofísicos de poços para exploração de água subterrânea utilizando a lógica paraconsistente anotada de anotação com dois valores – lpa2v”.



Fonte: Do autor

A saída dos dados a partir da leitura nos reticulados da LPA2v foram adequadas e definidas no Software Matlab licenciado pelo LIEG/UFGA. A Figura 47 mostra a interpelação dos Reticulados QUPC e Gc-Gct da LPA2v que fornecerá uma tabela-verdade preenchida ponto a ponto com os 12 estados lógicos.

Figura 47: Associação dos estados lógicos do reticulado QUPC ao reticulado Gc e Gct na análise dos dados dos perfis geofísicos de poços.



Fonte: Do autor

Os estados lógicos (vetor de saída que preenche a Tabela-verdade) são detalhados em uma saída lógica (12 estados lógicos da LPA2v) com linguagem adequada à interpretação dos perfis geofísicos de poços aplicados à água subterrânea.

Os quatro estados lógicos extremos são detalhados com mais detalhes, no entanto os oito estados lógicos não extremos são definidos pela proximidade ou afastamento em relação aos quatro estados extremos do reticulado.

Os quatro estados extremos **A**, **B**, **C** e **D** são caracterizados em:

A = (F) - *Estado lógico falso* correspondente ao ponto com baixo valor de μ_1 e alto valor de μ_2 , neste caso podemos caracterizar o ponto com a característica litológica de “Não argila de alta resistividade”, podendo ser caracterizado como um “Arenito quartzoso” (*Arenito limpo*) ou “Calcário”, com mais de 80% de quartzo. Caracterizado como o local ideal para o posicionamento dos filtros no interior do poço.

- B = (T) -** *Estado lógico inconsistente* correspondente ao ponto com alto valor de μ_1 e alto valor de μ_2 , neste caso podemos caracterizar o ponto com a característica litológica de “Argila e Não argila de alta resistividade”. Esta inconsistência pode ser caracterizada como um “Arenito arcosiano”, “Areia potássica” (quartzo com feldspato >25% proveniente da desagregação de granitos), um “Argilito” de alta resistividade, um “Granito potássico”, uma “Areia argilosa” ou até mesmo um “Evaporito potássico”.
- C = (V) -** *Estado lógico verdadeiro* correspondente ao ponto com alto valor de μ_1 e baixo valor de μ_2 , neste caso podemos caracterizar o ponto com a característica litológica de “Argila de baixa resistividade”, podendo ser caracterizado como uma “Argila”, “Folhelho” (composto de argilominerais de fração fina, tais como as argilas e os siltes) ou “Folhelho Orgânico”.
- D = (\perp) -** *Estado lógico indeterminado* correspondente ao ponto com baixo valor de μ_1 e baixo valor de μ_2 , neste caso podemos caracterizar o ponto com a característica litológica de “Não argila de baixa resistência”, podendo ser caracterizado como um “Arenito com água de formação mais salobra”. Neste caso utiliza-se, também, o perfil SP para a confirmação da informação.

Os quatros estados não extremos **E**, **F**, **G**, **H**, **I**, **J**, **K** e **L** são caracterizados em:

- E = ($\perp \rightarrow f$) e F = ($\perp \rightarrow v$) - Estados lógicos Indeterminado, tendendo ao falso e Indeterminado, tendendo ao verdadeiro** correspondentes ao ponto com baixo valor de μ_1 e baixo valor de μ_2 , neste caso podemos caracterizar os ponto na região **E** e **F** com a característica litológica de “Não argila de baixa resistência”. A região **E** pode ser caracterizada como um “Arenito ou Calcário contendo água de formação com uma parcela de salobridade”. Para a região **F** a caracterização é de um “Arenito argiloso contendo água de formação com uma parcela de salobridade”.

G = (Qv → ⊥) e **H = (Qv → T)** - *Estados lógicos Quase verdadeiro, tendendo ao indeterminado e Quase verdadeiro, tendendo ao inconsistente correspondentes ao ponto com alto valor de μ_1 e baixo valor de μ_2 , neste caso podemos caracterizar os ponto na região **G** e **H** com a característica litológica de “Argila de baixa resistência”. A região **G** pode ser caracterizada como um “Arenito lítico argiloso contendo água de formação com uma parcela de salobridade”. Para a região **H** a caracterização é de um “Arenito argiloso”.*

I = (T → v) e **J = (T → f)** - *Estados lógicos Inconsistente, tendendo ao verdadeiro e Inconsistente, tendendo ao falso correspondentes ao ponto com alto valor de μ_1 e alto valor de μ_2 , neste caso podemos caracterizar os ponto na região **I** e **J** com a característica litológica de “Argila e Não argila de alta resistência”. A região **I** pode ser caracterizada como um “Arenito contendo porções variáveis quartzo e feldspatos” denominados de Grauvacas. Para a região **J** a caracterização é de um “Arenito com uma pequena parcela de argilosidade”.*

K = (Qf → T) e **L = (Qf → ⊥)** - *Estados lógicos Quase falso, tendendo ao inconsistente e Quase falso, tendendo ao indeterminado correspondentes ao ponto com baixo valor de μ_1 e alto valor de μ_2 , neste caso podemos caracterizar os ponto na região **K** e **L** com a característica litológica de “Não argila de alta resistência”. A região **K** pode ser caracterizada como um “Arenito ou Calcário limpo contendo água de formação boa para consumo”. Para a região **L** a caracterização é de um “Arenito argiloso contendo água de formação com uma pequena parcela de salobridade”.*

O Anexo A mostra com detalhes os 12 estados lógicos definidos e adaptados à interpretação dos perfis geofísicos de poço com base nas características e definições da Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores (LPA2v).

Sendo este de fundamental importância para as delimitações das zonas litológicas identificadas no Perfil de possibilidades litológicas.

6 RESULTADOS

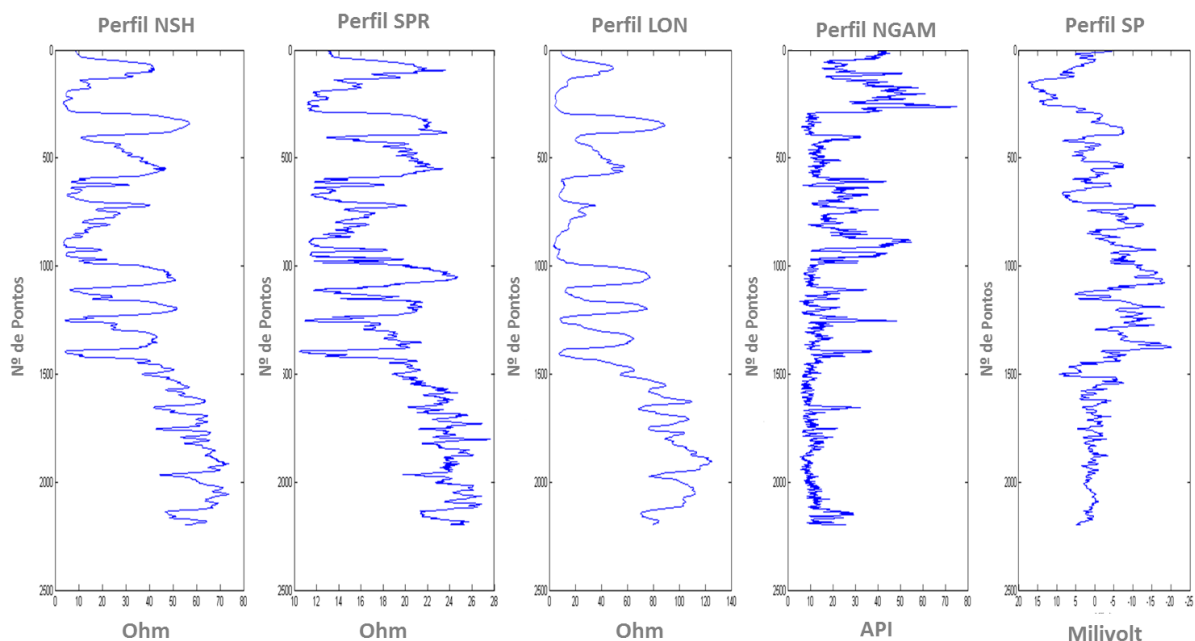
Após o detalhamento das etapas de processamentos e qualificação dos dados são apresentados os resultados relevantes para a validação da LPA2v na interpretação dos perfis geofísicos de poço aplicados à água subterrânea.

Os Anexos B e C mostram o Perfil de Probabilidades LPA na íntegra, como ferramenta adicional para a comparação dos dados da perfilagem assim como a correlação das camadas definidas no perfil geológico.

1. Poço UFPAP4:

Os dados referentes ao poço UFPAP4 foram editados desde a profundidade 27.50 m à 247.50 m, através da análise de um total de 22.001 pontos. Este valor corresponde à uma profundidade de investigação de 220 m.

Figura 48 - Perfis Geofísicos do Poço UFPAP4 após edição e processamento.



Fonte: Do autor

O “Modelo Conectivo OR” e “Modelo Conectivo AND” serão apresentados qualitativamente, de forma a obter-se o modelo mais adequado aos resultados da análise do relatório técnico do poço UFPAP4 (ANEXO D) e perfil geológico fornecido pela Femac Geosolo Engenharia (ANEXO F).

Foram definidas 8 regiões principais mapeadas pelo Algoritmo Paraconsistente (Reticulado QUPC e Reticulado Gc-Gct). Tais regiões foram escolhidas com base no perfil geofísico (zonas indicativas de “argila” e “não argila”).

Os dados serão operados logicamente pelo Modelo Conectivo OR, Modelo Conectivo AND e Modelo de proposição única - NGAM (μ_1A) x SPR (μ_1B).

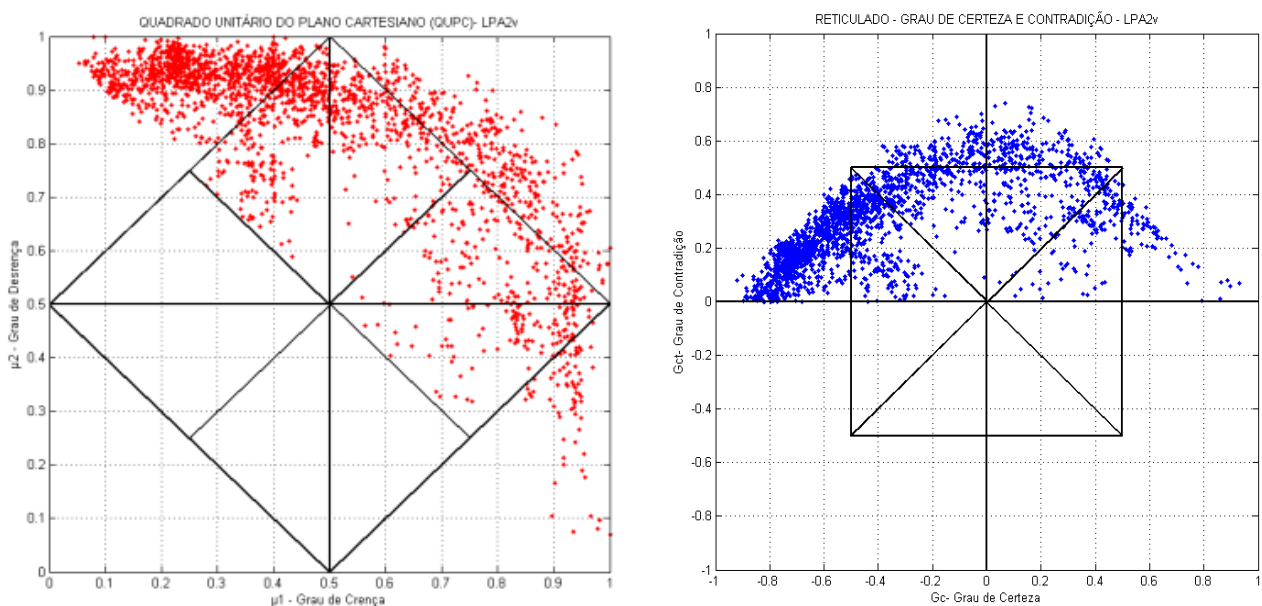
Região 1- De 44.00 m – 54.00 m
 Região 2- De 61.00 m – 69.00 m
 Região 3- De 86.00 m – 96.00 m
 Região 4- De 110.00 m – 120.00 m

Região 5- De 127.00 m – 135.00 m
 Região 6- De 185.00 m – 195.00 m
 Região 7- De 224.00 m – 232.00 m
 Região 8- De 232.00 m – 242.00 m

Os Resultados serão apresentados em etapas: Primeiramente serão exibidos os reticulados (QUPC e Gc-Gct) associados a cada modelo e posteriormente serão apresentados os perfis de possibilidades litológicas gerados pelo mapeamento das interfaces do Reticulado QUPC da LPA2v e proposições.

- Modelo Conectivo OR (Figura 49)

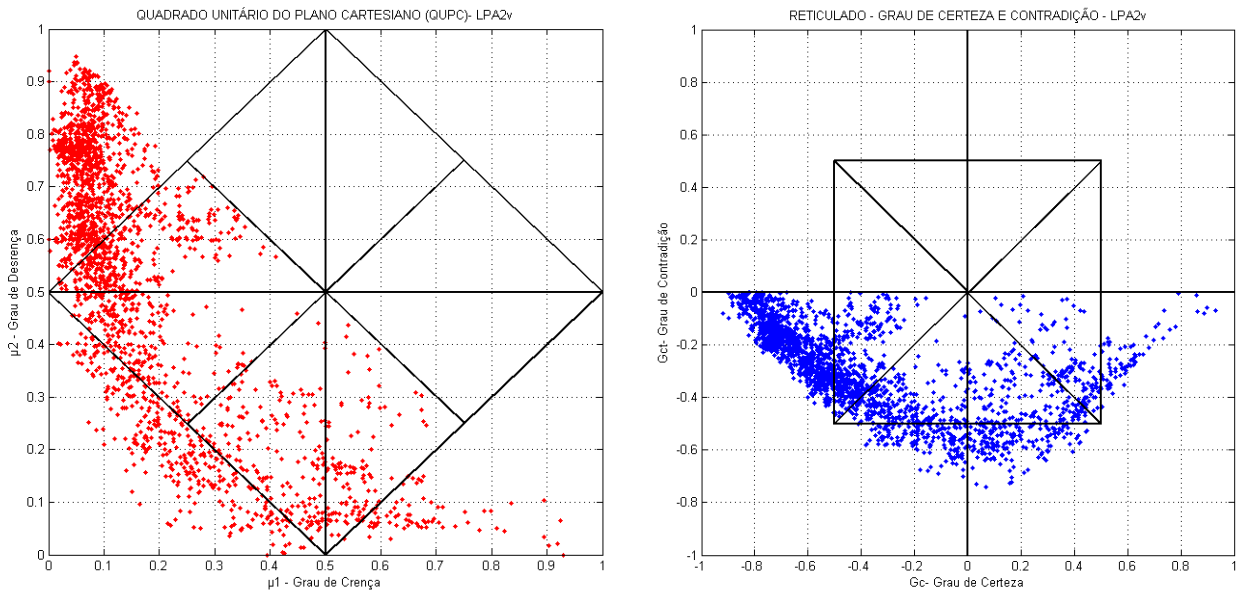
Figura 49 - Reticulado QUPC e Gc - Gct com as definições qualitativas litológicas OR para o Poço UFPAP4 analisadas ponto a ponto no perfil .



Fonte: Do autor

- Modelo Conectivo AND (Figura 50)

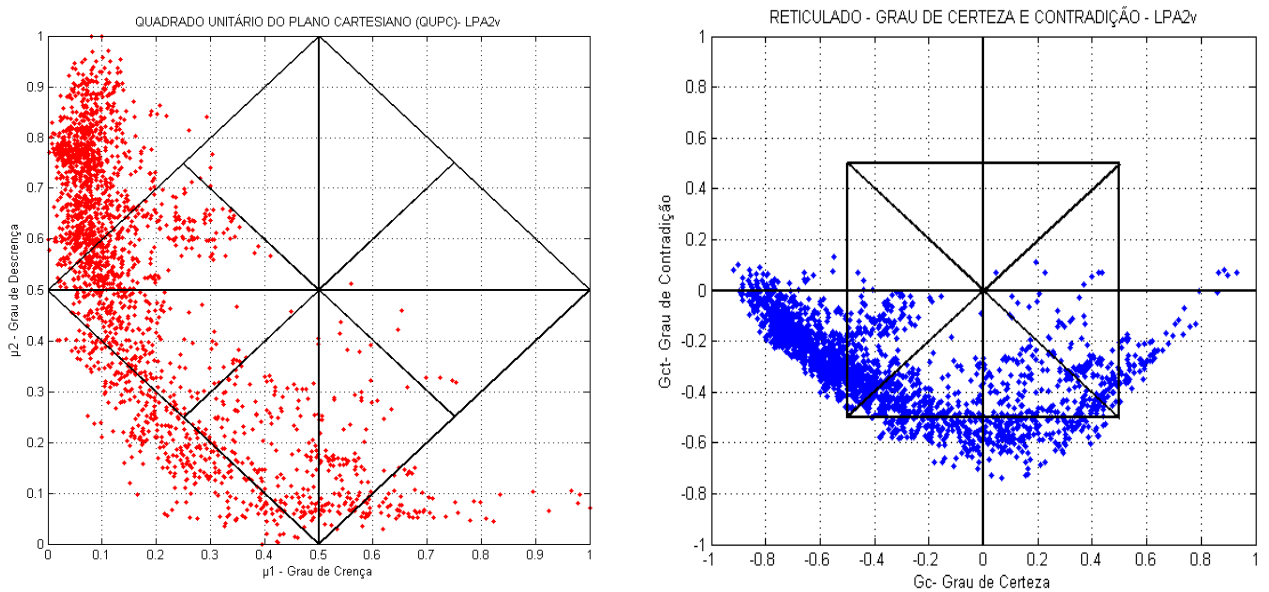
Figura 50 - Reticulado QUPC e Gc - Gct com as definições qualitativas litológicas AND para o Poço UFPAP4 analisadas ponto a ponto no perfil.



Fonte: Do autor

- Modelo de proposição única - NGAM (μ_{1A}) x SPR (μ_{1B}) (Figura 51).

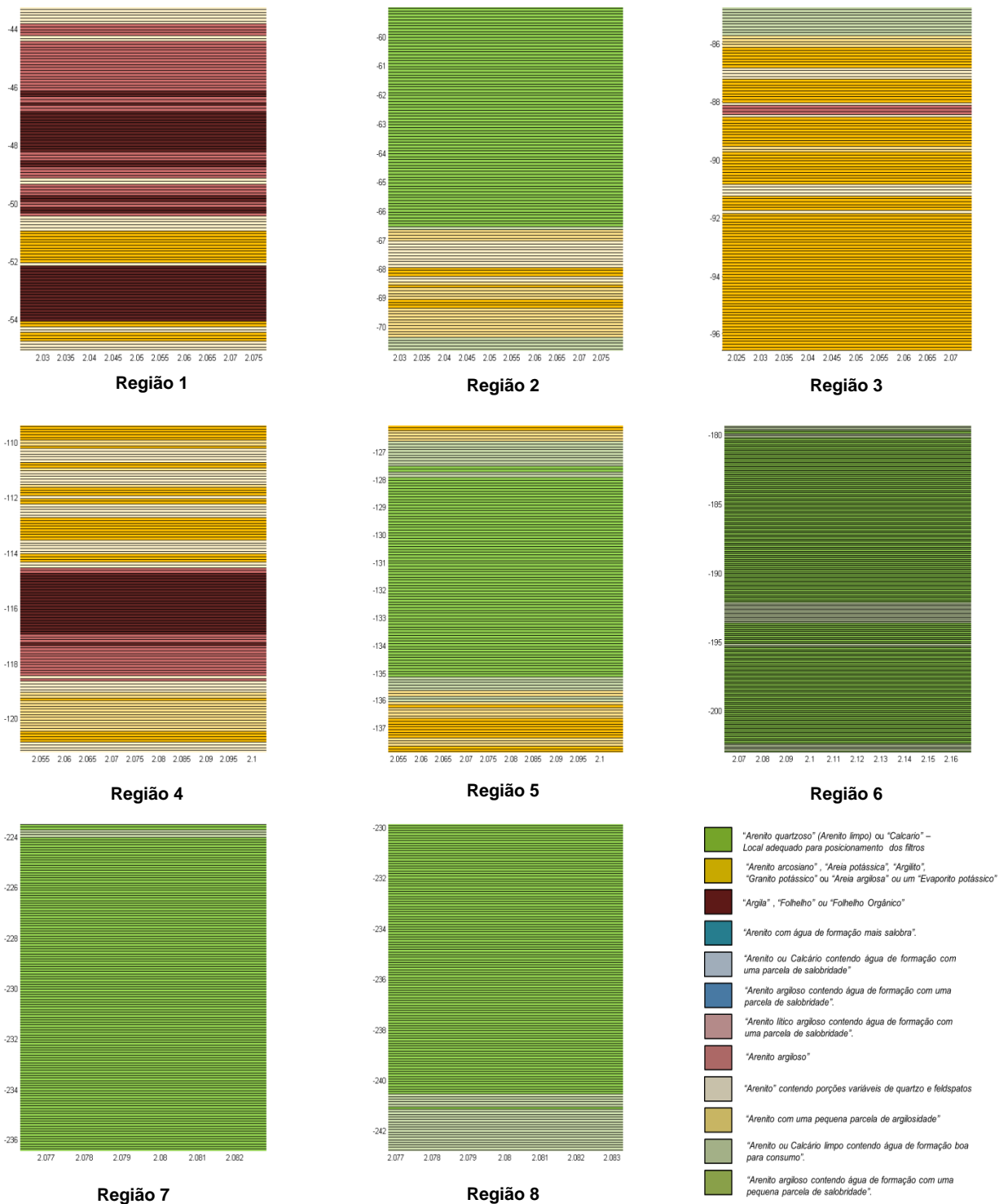
Figura 51 - Reticulado QUPC e Gc - Gct com as definições qualitativas litológicas para o Poço UFPAP4 analisadas apenas com o par (μ_{1A} , μ_{1B}).



Fonte: Do autor

- Perfil Litológico – LPA2v: Conectivo OR (Figura 52) – Consultar Anexo A para melhor entendimento das figuras ilustrativas.

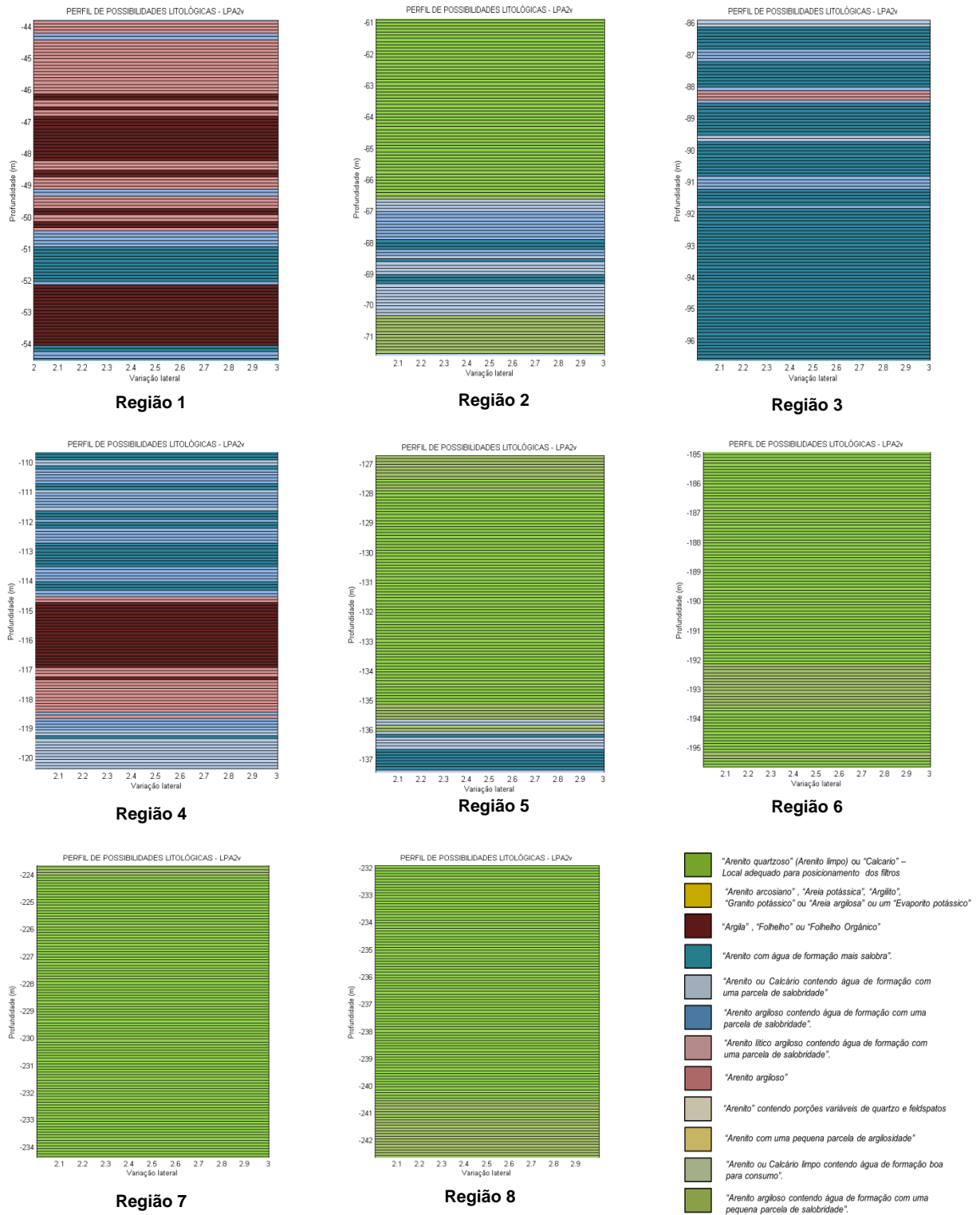
Figura 52 - Perfil de possibilidades Litológicas “Modelo Conectivo OR”– LPA2v para o Poço UFPAP4.



Fonte: Do autor

- Perfil Litológico – LPA2v: Conectivo AND (Figura 53) – Consultar Anexo A para melhor entendimento das figuras ilustrativas.

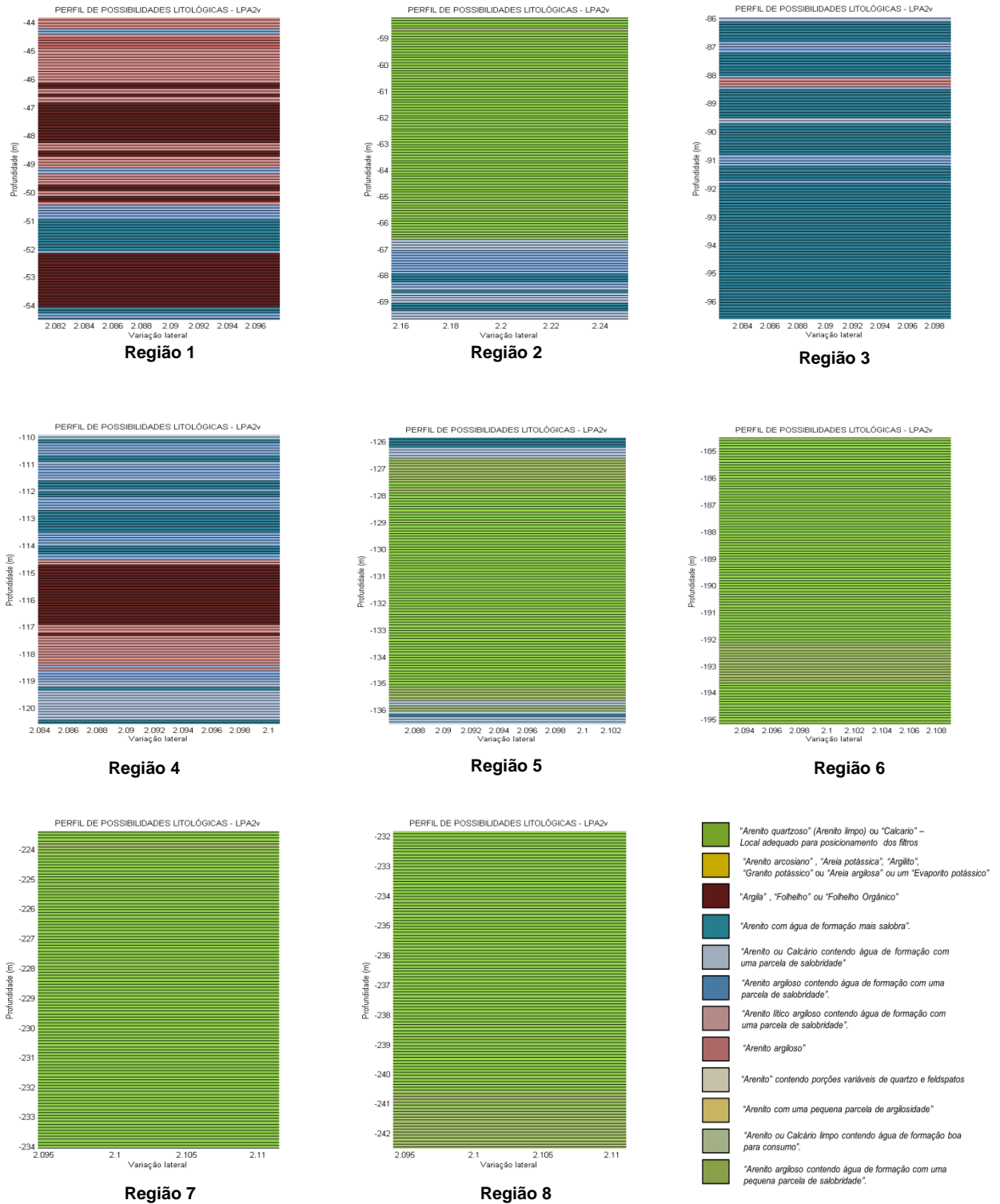
Figura 53 - Perfil de possibilidades Litológicas “Modelo Conectivo AND”– LPA2v para o Poço UFPAP4.



Fonte: Do autor

- Perfil Litológico – LPA2v: Perfil NGAM x SPR (Figura 54) – Consultar Anexo A para melhor entendimento das figuras ilustrativas.

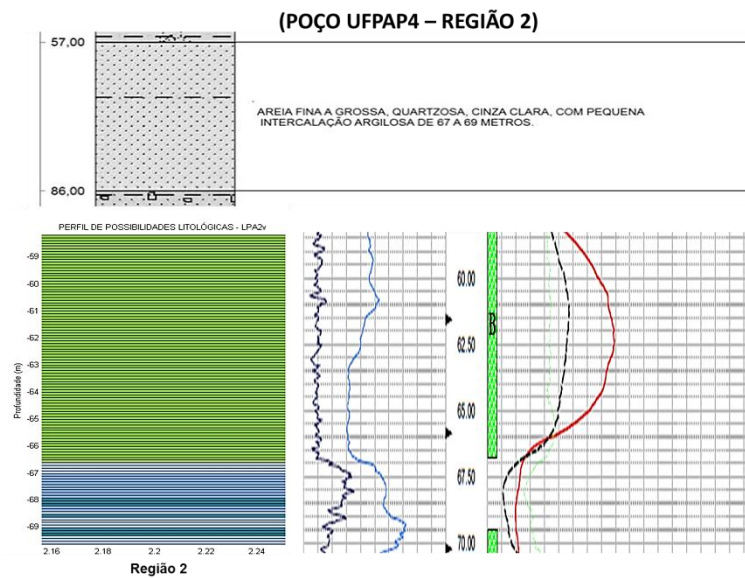
Figura 54 - Perfil de possibilidades Litológicas para o Poço UFPAP4 baseado no par (μ 1A, μ 1B).



Fonte: Do autor

A figura 55 mostra a comparação do trecho (Região 2, referida entre 61.00 m e 69.00 m) com um mesmo trecho referido nos perfis geofísico e geológico e gerado no perfil LPA2v NGAM x SPR.

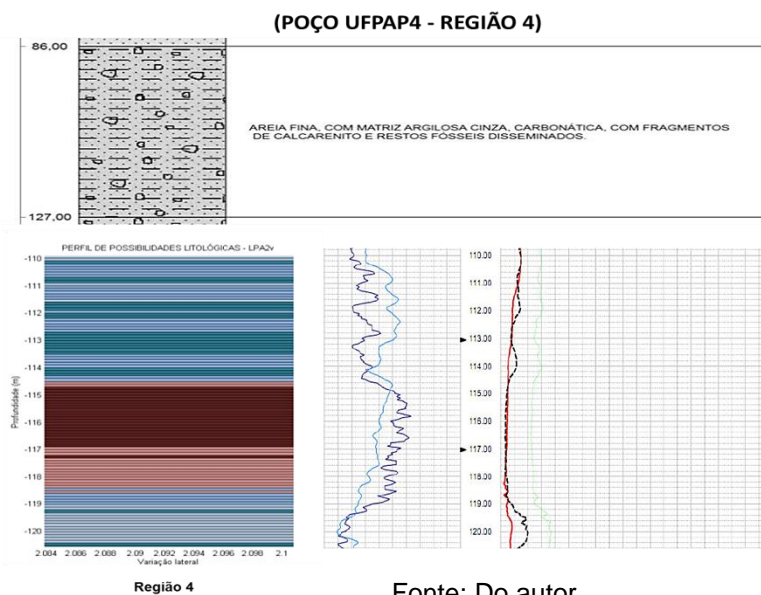
Figura 55 – Comparação entre os perfis geofísico, geológico e LPA2v no trecho de 61,00 m e 69.00 m



Fonte: Do autor

A mesma comparação é realizada na figura 56 (Região 4, referida entre 110.00 m e 120.00 m).

Figura 56 – Comparação entre os perfis geofísico, geológico e LPA2v no trecho de 110,00 m e 120.00m

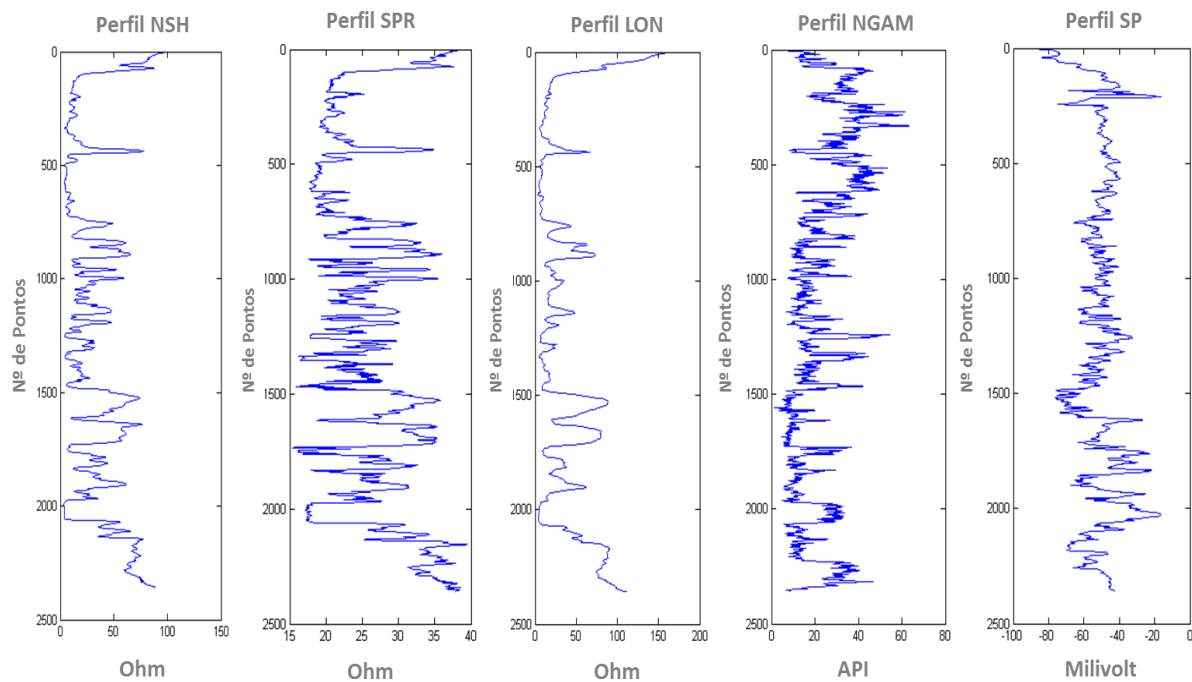


Fonte: Do autor

2. Poço Panorama XXI

Os dados referentes ao poço PANORAMA XXI foram editados desde a profundidade 26.00 m à 262.00 m, através da análise de um total de 23.601 pontos. Este valor corresponde à uma profundidade de investigação de 236 m.

Figura 57 - Perfis Geofísicos do Poço PANORAMA XXI após edição e processamento.



Fonte: Do autor

O “Modelo Conectivo OR” e “Modelo Conectivo AND” serão apresentados qualitativamente, de forma a obter-se um modelo coerente aos resultados da análise do relatório técnico (ANEXO E) e perfil geológico fornecido pela Femac Geosolo Engenharia (ANEXO G).

Foram definidas 8 regiões principais que seriam mapeadas pelo Algoritmo Paraconsistente (Reticulado QUPC e Reticulado Gc-Gct). Tais regiões foram escolhidas com base no perfil geofísico (zonas indicativas de “argila” e “não argila”).

Os dados serão abordados pelo Modelo Conectivo OR, Modelo Conectivo AND e Modelo de proposição única - NGAM (μ_{1A}) x SPR (μ_{1B}).

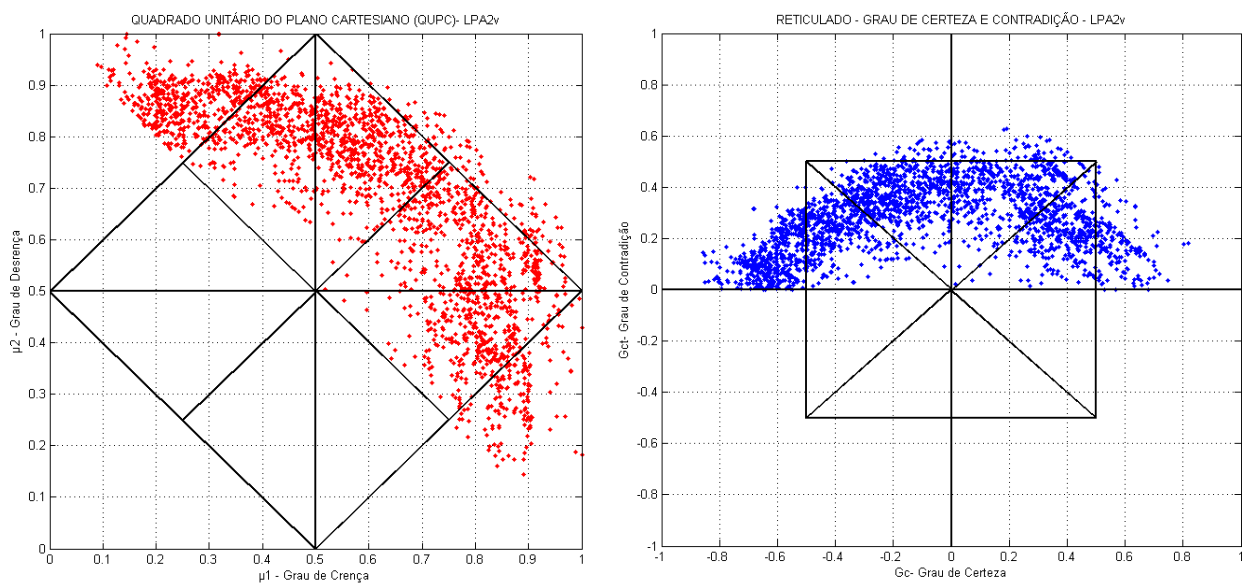
Região 1- De 34.00 m – 44.00 m
 Região 2- De 50.00 m – 70.00 m
 Região 3- De 76.00 m – 86.00 m
 Região 4- De 100.00 m – 110.00 m

Região 5- De 189.00 m – 199.00 m
 Região 6- De 209.00 m – 219.00 m
 Região 7- De 222.00 m – 232.00 m
 Região 8- De 236.00 m – 246.00 m

Os Resultados serão apresentados em etapas: Primeiramente serão apresentados os reticulados (QUPC e GC-GCT) associados a cada modelo e posteriormente serão apresentados os perfis de possibilidades litológicas via LPA2v.

- Modelo Conectivo OR (Figura 58)

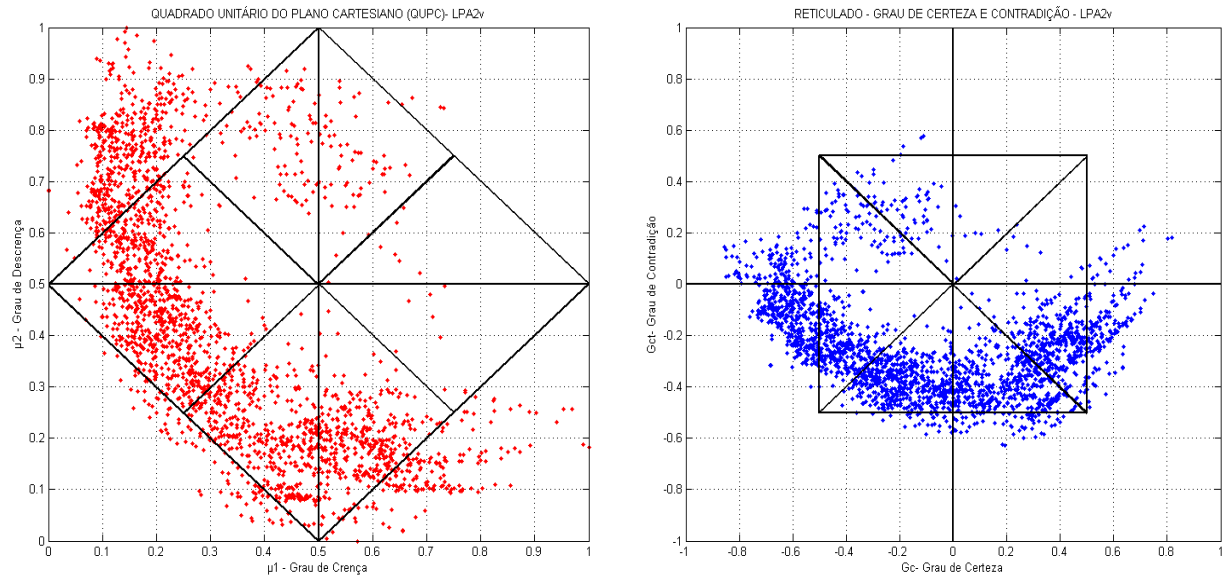
Figura 58 - Reticulado QUPC e Gc - Gct com as definições qualitativas litológicas OR para o Poço PANORAMA XXI analisadas ponto a ponto no perfil .



Fonte: Do autor

- Modelo Conectivo AND (Figura 59)

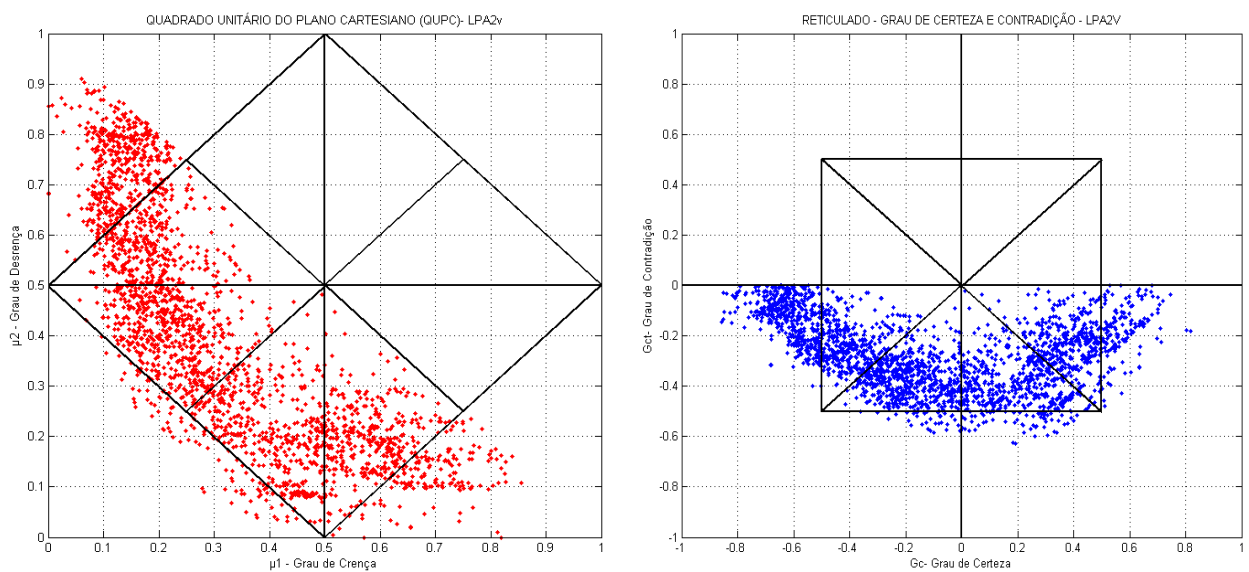
Figura 59 - Reticulado QUPC e Gc - Gct com as definições qualitativas litológicas AND para o Poço PANORAMA XXI analisadas ponto a ponto no perfil.



Fonte: Do autor

- Modelo de proposição única - NGAM (μ_{1A}) x SPR (μ_{1B}) (Figura 60).

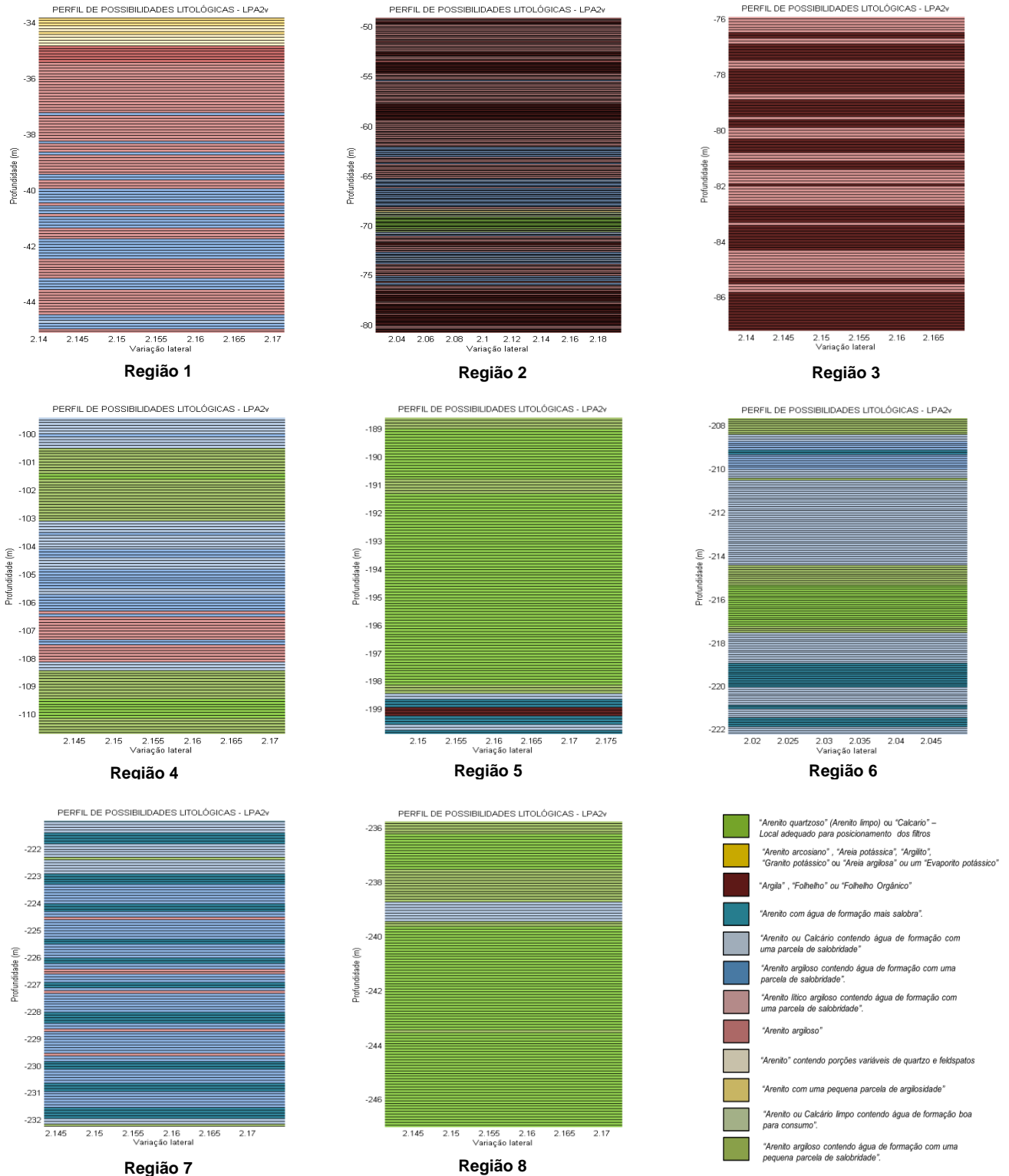
Figura 60 - Reticulado QUPC e Gc - Gct com as definições qualitativas litológicas para o Poço PANORAMA XXI analisadas apenas com o par (μ_{1A} , μ_{1B}).



Fonte: Do autor

- Perfil Litológico – LPA2v: Perfil NGAM x SPR (Figura 63) – Consultar Anexo A para melhor entendimento das figuras ilustrativas.

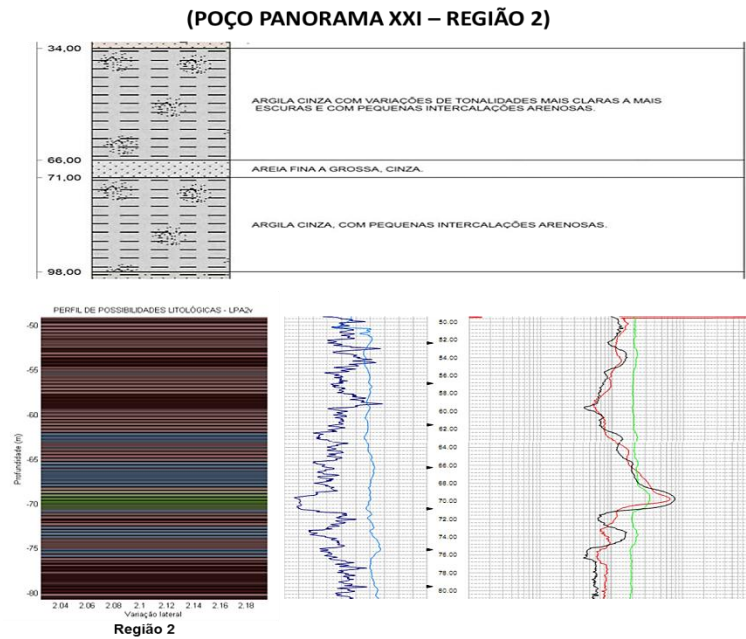
Figura 63 - Perfil de possibilidades Litológicas para o Poço PANORAMA XXI baseado no par (μ 1A, μ 1B).



Fonte: Do autor

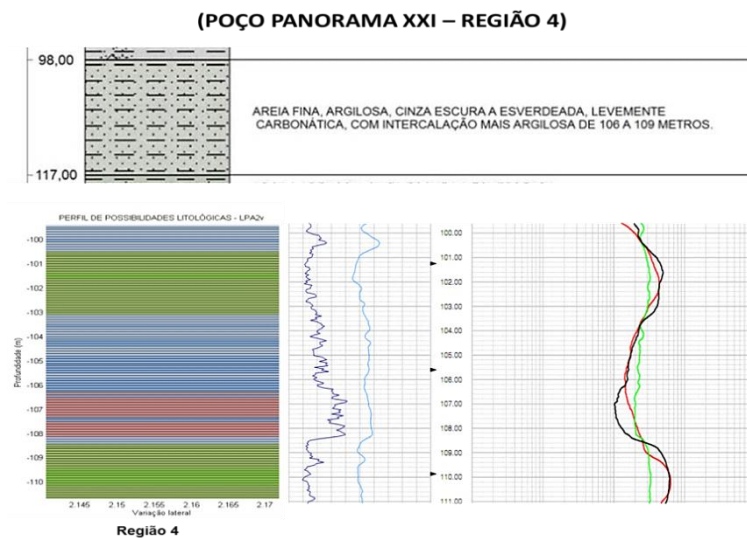
A figura 64 mostra a comparação do trecho (Região 2, referida entre 50.00 m e 70.00 m) com um mesmo trecho referido nos perfis geofísico e geológico e gerado no perfil LPA2v NGAM x SPR.

Figura 64 – Comparação entre os perfis geofísico, geológico e LPA2v no trecho de 50,00 m e 70.00 m



A mesma comparação é realizada na figura 65 (Região 4, referida entre 100.00 m e 110.00 m).

Figura 65 – Comparação entre os perfis geofísico, geológico e LPA2v no trecho de 100,00 m e 110.00m



- **Análise geral dos resultados inferidos pelos Reticulados (QUPC e Gc-Gct) e pelo Perfil de Possibilidades Litológicas –LPA2v**

Os resultados obtidos através da aplicação da LPA2v aos dados (valores) dos perfis geofísicos de poço (análise visual dos reticulados de saída), forneceram resultados satisfatórios em todas as regiões investigadas pelos conectivos OR e AND quanto pelo analisador NGAM e SPR. Os resultados do conectivo AND foram os mais coerentes com o par ($\mu 1A$, $\mu 1B$) dos perfis NGAM e SPR.

Ou seja, quando utilizamos o operador OR as informações resultantes da leitura de cada perfil serão “expandidas” (maiores valores identificados no perfil ponto a ponto) para regiões mais próximas ao ponto (1,1), ou seja, tendem para o maior valor extremo do reticulado. Para o operador AND ocorre o contrário, a “atenuação” dos sinais (menores valores identificados no perfil ponto a ponto), os valores definidos após a operação tendem para as regiões de menor valor no reticulado. A tendência é uma aproximação para o menor valor extremo (0,0). Entretanto ambos os conectivos (OR e AND) confirmam litologias argilosas e não argilosas, mantendo coerências nas três etapas analisadas.

A maximização dos valores aumenta as possibilidades para uma determinada litologia, mas reduz as probabilidades acertivas a respeito da mesma. Com a minimização o caso é o inverso, as possibilidades para a mesma litologia são restritas ao menor valor analisado, no entanto as probabilidades acertivas são bem mais consideráveis proporcionando um menor grau de erro considerável na análise.

As análises visuais dos Reticulados QUPC e Gc-Gct fornecem informações qualitativas do poço, ou seja, a nuvem de pontos distribuída sobre os reticulados confirmam: A qualificação do terreno (litologia e água de formação), o quão viável foi a construção do poço (economicamente), ou até mesmo a estipulação do período de exploração da água do interior do poço (vida útil do poço).

Foi realizado um mapeamento de todas as zonas imperceptíveis pelas análises heurísticas do intérprete, delimitando ponto a ponto cada região. Definidas principalmente pelo perfil NGAM e SPR. Identificando desde camadas finas à extensos pacotes de um mesmo tipo litológico.

As ambiguidades/ inconsistências das 8 regiões inferidas e investigadas pelo Código do Algoritmo LPA2v foram tratadas de uma forma mais coerente e realística com as condições físicas e geológicas existente em cada poço analisado.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste trabalho foi mostrado um método de aplicação da Lógica Paraconsistente anotada com dois valores-LPA2v à perfis geofísicos de poços aplicados à água subterrânea, como uma ferramenta alternativa no tratamento de dados inconsistentes, contraditórios e não-triviais observados na etapa de interpretação/análise dos perfis.

A aplicação da LPA proporciona o tratamento adequado às situações/condições imprecisas adicionais aos perfis geofísicos, de forma que o tratamento dos dados ambíguos e contraditórios são realizados de forma coerente considerando todas as informações intrínsecas à cada dado analisado. A LPA2v apresentou resultados consideráveis na delimitação da zonas mais “promissoras” para o posicionamento dos filtros para a exploração da água subterrânea, mesmo para dados (perfis) que apresentam situações de contradições.

Ou seja, esta lógica mostrou-se capaz de tomar decisões favoráveis aos objetivos e proposições apresentadas no trabalho, oferecendo um diagnóstico das características litológicas de cada poço perfilado.

O algoritmo utilizado mostrou-se de fácil implementação, devido a maleabilidade das proposições, conectivos e reticulados (QUPC e Gc-Gct). De forma que os resultados obtidos e as características quanti-qualitativas dos resultados obtidos após o Processamento LPA apresentam algumas vantagens em relação às formulações clássicas que processam tais dados, em virtude de considerar informações adicionais aos perfis mais próximas à realidade.

O perfil litológico obtido como resultado (saída) do programa “Algoritmo Paranalizador LPA2v” mostrou regiões análogas coerentes ao perfil geológico fornecido pela empresa perfuradora FEMAC Geosolo Engenharia. O perfil LPA2v pode ser utilizado como uma ferramenta adicional às conclusões/análises do intérprete a fim de auxiliar nas decisões mais coerentes a ser tomada.

Conclui-se este trabalho, ressaltando que a busca por um método capaz de fornecer informações coerentes e correlatas ao modelo exigido para a interpretação de um conjunto de dados variados não está finalizada. Uma vez que um conjunto de dados nos fornece inúmeras conclusões e interpretações, principalmente quando os mesmos contêm sinais contraditórios e incoerentes.

Em virtude da Lógica Paraconsistente Anotada não ser excludente, a mesma pode ser trabalhada em conjunto com outros métodos de interpretação/processamento, proporcionando um maior grau de liberdade e maior poder de análise em qualquer tipo de análise.

Ou seja, esta pesquisa deve e pode ser expandida para diversas simulações lógicas computacionais.

Como sugestão do trabalho são propostas as seguintes inferências ou pontos de avaliação para trabalhos e pesquisas futuras:

1. Expansão do tratamento dos dados via LPA3v ou LPA4v: A LPA3v introduz um terceiro grau de liberdade dos dados, enquanto a LPA4v é a extensão da LPA2v utilizando técnicas de tratamento de dados contraditórios. Nesta é realizada a validação do cálculo clássico permitindo assim a modelagem do sistema com base em características da lógica clássica.

2. Integralização e correlação dos resultados do método LPA (Lógica Não Clássica) a métodos ou lógicas, tais como a como Lógica Booleana, Lógica Fuzzy, Rede Neural, Algoritmos Genéricos etc.

3. Tratamento de sinais ambíguos contidos nos dados equivalentes à cada método geofísico via LPA. Sendo realizado um ajuste com a integralização de cada método geofísico analisado por proposições intrínsecas à cada método. A finalidade é validar os resultados fornecidos em um conjunto de dados tornando mais coerente o objetivo do trabalho.

Desta forma, espera-se que os resultados obtidos com o método de análise LPA apresentado neste trabalho, sirvam de referência para novas e promissoras pesquisas na área da Geofísica.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, A. I.; CHUAQUI, R.; COSTA, N. C. A. A. da. **Survey of paraconsistent logic, in Mathematical Logic in Latin America**. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1980.

CARVALHO, F. R. de. **Lógica paraconsistente aplicada em tomadas de decisão: Uma abordagem para a administração de Universidades**. São Paulo: Aleph, 2002.

COSTA, N. C.A. da; ABE, Jair M.; MUROLO, A. C.; SILVA FILHO, J. I. da & LEITE, C. F. S. **Lógica paraconsistente aplicada**. São Paulo: Editora Atlas, 1999.

FEITOSA, F. A. C. (Coord.); MANOEL FILHO, J. (Coord.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 2. ed. Fortaleza: CPRM; LABHID-UFPE, 2000.

FRANZINI, A. S. **Avaliação hidrogeológica em área de assentamento**. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 2010.

KRAUSE, D. **Lógica paraconsistente: texto explicativo**. Santa Catarina: UFSC. Disponível em <<http://www.cfh.ufsc.br/~dkrause>>. Acesso em: 15 nov. 2012.

LEMES NETO, M.C. **Lógica paraconsistente**. Santa Catarina: UFSC, 2002. (Apostila).

NERY, G. G. **Perfilagem geofísica em poço aberto**. Salvador: PETROBRÁS / SEDES/CEN-NOR, 1989. (Apostila).

NERY, G. G. **Perfilagem geofísica**. Salvador: Hydrolog serviços de perfilagem Ltda., 2004. (Apostila).

OLIVEIRA, K. Ê. C. S. **Uma Introdução sobre lógicas não clássicas**. Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2010.

RODRIGUES, T. G. **Sobre os fundamentos da programação lógica paraconsistente**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2010.

SANTOS, R. A. **Interpretação e modelagem de perfis geofísicos de poço nos campos marginais de Quiambina e Fazenda Mamoeiro**. 2010. 105f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geofísica) – Centro de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2010.

SCHLUMBERGER, C. **A brief history of schlumberger wireline and testing**. Disponível em <<http://www.1.slb.com/recr/library/wireline/brochure/beginnings>>. Acesso em: 14 dez. 2012.

SILVA, V.S.; FLORES, A.C.; FORBRIG, L.C.; SIQUEIRA, I.S. **Perfilagem conceitos e aplicações**. Salvador: PETROBRÁS, 2000.

SILVA FILHO, J. I. da. **Métodos de aplicações da lógica paraconsistente anotada de anotação com dois valores-LPA2v com construção de algoritmo e implementação de circuitos eletrônicos.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais II, 1999.

SILVA FILHO, J. I. da. **Métodos e aplicações da lógica para consistente anotada de anotação com dois valores – LPA2v.** São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 2006.

APÊNDICES

**APÊNDICE A - PRIMEIRA TABELA DE VALORES-VERDADE DOS CONECTIVOS
OR E AND PARA SINAIS DE ENTRADA TERNÁRIOS.**

Sinais de entrada				Conectivos OR		Estados Resultantes	Sinais de entrada				Conectivos AND		Estados Resultantes
Graus de Crença		Graus de Descrença		μ_{1R}	μ_{2R}		Graus de Crença		Graus de Descrença		μ_{1R}	μ_{2R}	
μ_{1a}	μ_{1b}	μ_{2a}	μ_{2b}				μ_{1a}	μ_{1b}	μ_{2a}	μ_{2b}			
1	1	1	1	1	1	T	1	1	1	1	1	1	T
1	1	1	½	1	1	T	1	1	1	½	1	½	V → T
1	1	1	0	1	1	T	1	1	1	0	1	0	V
1	1	½	1	1	1	T	1	1	½	1	1	½	V → T
1	1	½	½	1	½	V → T	1	1	½	½	1	½	V → T
1	1	½	0	1	½	V → T	1	1	½	0	1	0	V
1	1	0	1	1	1	T	1	1	0	1	1	0	V
1	1	0	½	1	½	V → T	1	1	0	½	1	0	V
1	1	0	0	1	0	V	1	1	0	0	1	0	V
1	½	1	1	1	1	T	1	½	1	1	½	0	V → ⊥
1	½	1	½	1	1	T	1	½	1	½	½	½	Q-v
1	½	1	0	1	1	T	1	½	1	0	½	0	V → ⊥
1	½	½	1	1	1	F → T	1	½	½	1	½	½	Q-v
1	½	½	½	1	½	V → T	1	½	½	½	½	½	Q-v
1	½	½	0	1	½	V	1	½	½	0	½	0	V → ⊥
1	½	0	1	1	1	T	1	½	0	1	½	0	V → ⊥
1	½	0	½	1	½	V → T	1	½	0	½	½	0	V → ⊥
1	½	0	0	1	0	V	1	0	0	0	½	0	V
1	0	1	1	1	1	T	1	0	1	1	0	1	F
1	0	1	½	1	1	T	1	0	1	½	0	½	F → ⊥
1	0	1	0	1	1	T	1	0	1	0	0	0	⊥
1	0	½	1	1	1	T	1	0	½	1	0	½	F → ⊥
1	0	½	½	1	½	V → T	1	0	½	½	0	½	F → ⊥
1	0	½	0	1	½	V → T	1	0	½	0	0	0	⊥
1	0	0	1	1	1	T	1	0	0	1	0	0	⊥
1	0	0	½	1	½	V → T	1	0	0	½	0	0	⊥

**APÊNDICE B - SEGUNDA TABELA DE VALORES-VERDADE DOS CONECTIVOS
OR E AND PARA SINAIS DE ENTRADA TERNÁRIOS.**

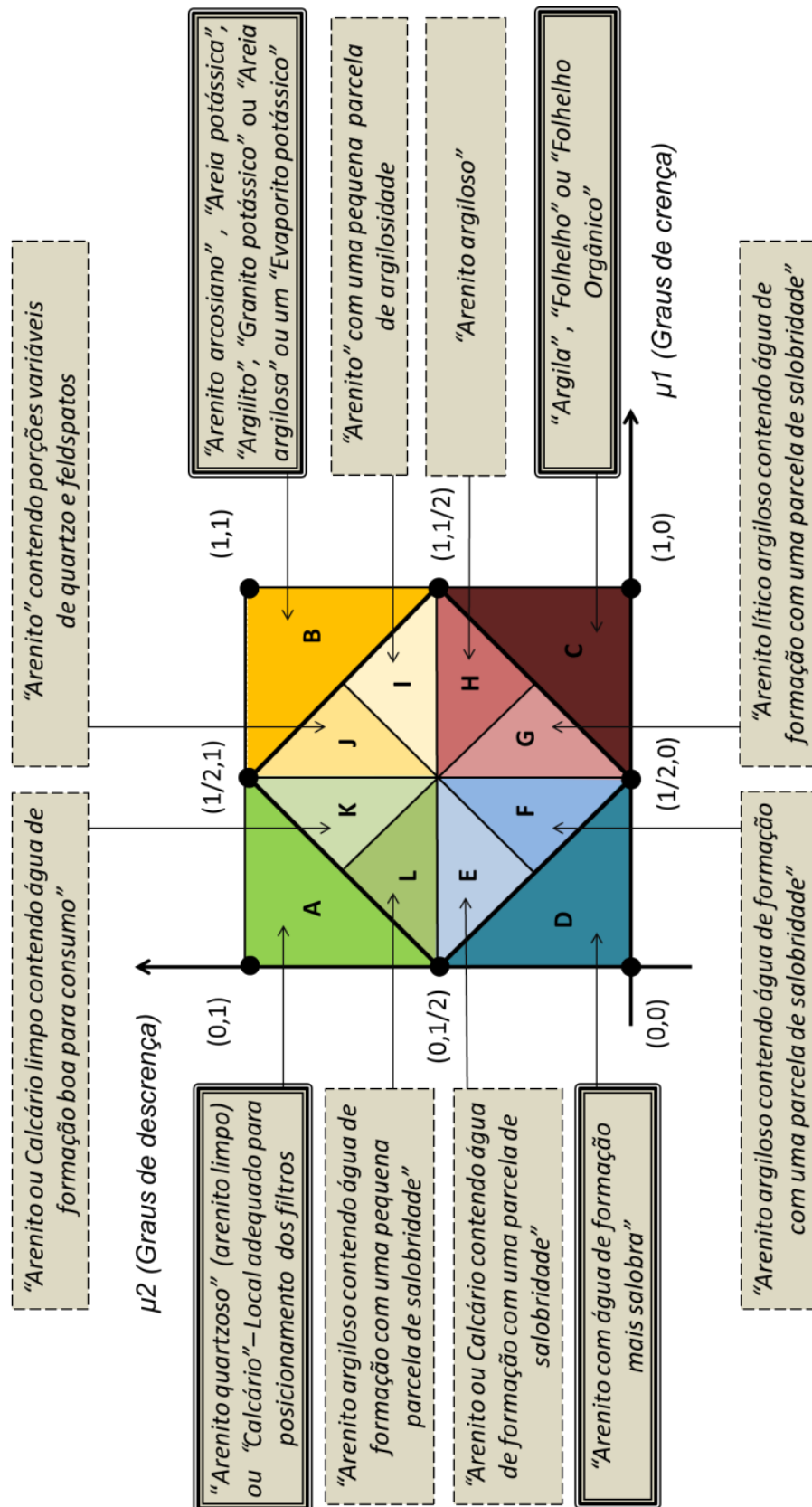
Sinais de entrada				Conectivos OR		Estados Resultantes	Sinais de entrada				Conectivos AND		Estados Resultantes
Graus de Crença		Graus de Descrença		μ_{1R}	μ_{2R}		Graus de Crença		Graus de Descrença		μ_{1R}	μ_{2R}	
μ_{1a}	μ_{1b}	μ_{2a}	μ_{2b}				μ_{1a}	μ_{1b}	μ_{2a}	μ_{2b}			
$\frac{1}{2}$	1	1	1	1	1	T	$\frac{1}{2}$	1	1	1	$\frac{1}{2}$	1	$F \rightarrow T$
$\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{2}$	1	1	T	$\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	Q-v
$\frac{1}{2}$	1	1	0	1	1	T	$\frac{1}{2}$	1	1	0	$\frac{1}{2}$	0	$V \rightarrow \perp$
$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	1	1	1	T	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	Q-v
$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$V \rightarrow T$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	Q-v
$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	0	1	$\frac{1}{2}$	$V \rightarrow T$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	0	$V \rightarrow \perp$
$\frac{1}{2}$	1	0	1	1	1	T	$\frac{1}{2}$	1	0	1	$\frac{1}{2}$	0	$V \rightarrow \perp$
$\frac{1}{2}$	1	0	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$V \rightarrow T$	$\frac{1}{2}$	1	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$V \rightarrow \perp$
$\frac{1}{2}$	1	0	0	1	0	V	$\frac{1}{2}$	1	0	0	$\frac{1}{2}$	0	$V \rightarrow \perp$
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{2}$	1	$F \rightarrow T$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{2}$	1	$F \rightarrow T$
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$F \rightarrow T$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	Q-v
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0	$\frac{1}{2}$	1	$F \rightarrow T$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0	$\frac{1}{2}$	0	$V \rightarrow \perp$
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	1	$F \rightarrow T$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	Q-v
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	Q-v	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	Q-v
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	Q-v	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	0	$V \rightarrow \perp$
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	1	$\frac{1}{2}$	1	$F \rightarrow T$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	1	$\frac{1}{2}$	0	$V \rightarrow \perp$
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	Q-v	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$V \rightarrow \perp$
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	$\frac{1}{2}$	0	$V \rightarrow \perp$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	$\frac{1}{2}$	0	$V \rightarrow \perp$
$\frac{1}{2}$	0	1	1	$\frac{1}{2}$	1	$F \rightarrow T$	$\frac{1}{2}$	0	1	1	0	1	F
$\frac{1}{2}$	0	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$F \rightarrow T$	$\frac{1}{2}$	0	1	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	$F \rightarrow \perp$
$\frac{1}{2}$	0	1	0	$\frac{1}{2}$	1	$F \rightarrow T$	$\frac{1}{2}$	0	1	0	0	0	\perp
$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	1	$F \rightarrow T$	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	1	0	$\frac{1}{2}$	$F \rightarrow \perp$
$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	Q-v	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	$F \rightarrow \perp$
$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	Q-v	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	0	0	0	\perp
$\frac{1}{2}$	0	0	1	$\frac{1}{2}$	1	F	$\frac{1}{2}$	0	0	1	0	0	\perp
$\frac{1}{2}$	0	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	Q-v	$\frac{1}{2}$	0	0	$\frac{1}{2}$	0	0	\perp
$\frac{1}{2}$	0	0	0	$\frac{1}{2}$	0	V	$\frac{1}{2}$	0	0	0	0	0	\perp

**APÊNDICE C - SEGUNDA TABELA DE VALORES-VERDADE DOS CONECTIVOS
OR E AND PARA SINAIS DE ENTRADA TERNÁRIOS.**

Sinais de entrada				Conectivos OR		Estados Resultantes	Sinais de entrada				Conectivos AND		Estados Resultantes
Graus de Crença		Graus de Descrença		μ_{1R}	μ_{2R}		Graus de Crença		Graus de Descrença		μ_{1R}	μ_{2R}	
μ_{1a}	μ_{1b}	μ_{2a}	μ_{2b}				μ_{1a}	μ_{1b}	μ_{2a}	μ_{2b}			
0	1	1	1	1	1	T	0	1	1	1	0	1	F
0	1	1	½	1	1	T	0	1	1	½	0	½	$V \rightarrow \perp$
0	1	1	0	1	1	T	0	1	1	0	0	0	\perp
0	1	½	1	1	1	T	0	1	½	1	0	½	$V \rightarrow \perp$
0	1	½	½	1	½	$V \rightarrow T$	0	1	½	½	0	½	$V \rightarrow \perp$
0	1	½	0	1	½	$V \rightarrow T$	0	1	½	0	0	0	\perp
0	1	0	1	1	1	T	0	1	0	1	0	0	\perp
0	1	0	½	1	½	$V \rightarrow T$	0	1	0	½	0	0	\perp
0	1	0	0	1	0	V	0	1	0	0	0	0	\perp
0	½	1	1	½	1	$F \rightarrow T$	0	½	1	1	0	1	F
0	½	1	½	½	1	$F \rightarrow T$	0	½	1	½	0	½	$F \rightarrow \perp$
0	½	1	0	½	1	$F \rightarrow T$	0	½	1	0	0	0	\perp
0	½	½	1	½	1	$F \rightarrow T$	0	½	½	1	0	½	$F \rightarrow \perp$
0	½	½	½	½	½	Q-v	0	½	½	½	0	½	$F \rightarrow \perp$
0	½	½	0	½	½	Q-v	0	½	½	0	0	0	\perp
0	½	0	1	½	1	$F \rightarrow T$	0	½	0	1	0	0	\perp
0	½	0	½	½	½	Q-v	0	½	0	½	0	0	\perp
0	½	0	0	½	0	$V \rightarrow \perp$	0	½	0	0	0	0	\perp
0	0	1	1	0	1	F	0	0	1	1	0	1	F
0	0	1	½	0	1	F	0	0	1	½	0	½	$F \rightarrow \perp$
0	0	1	0	0	1	F	0	0	1	0	0	0	\perp
0	0	½	1	0	1	F	0	0	½	1	0	½	$F \rightarrow \perp$
0	0	½	½	0	½	$F \rightarrow \perp$	0	0	½	½	0	½	$F \rightarrow \perp$
0	0	½	0	½	½	Q-v	0	0	½	0	0	0	\perp
0	0	0	1	½	1	$F \rightarrow \perp$	0	0	0	1	0	0	\perp
0	0	0	½	½	½	Q-v	0	0	0	½	0	0	\perp
0	0	0	0	½	0	$F \rightarrow \perp$	0	0	0	0	0	0	\perp

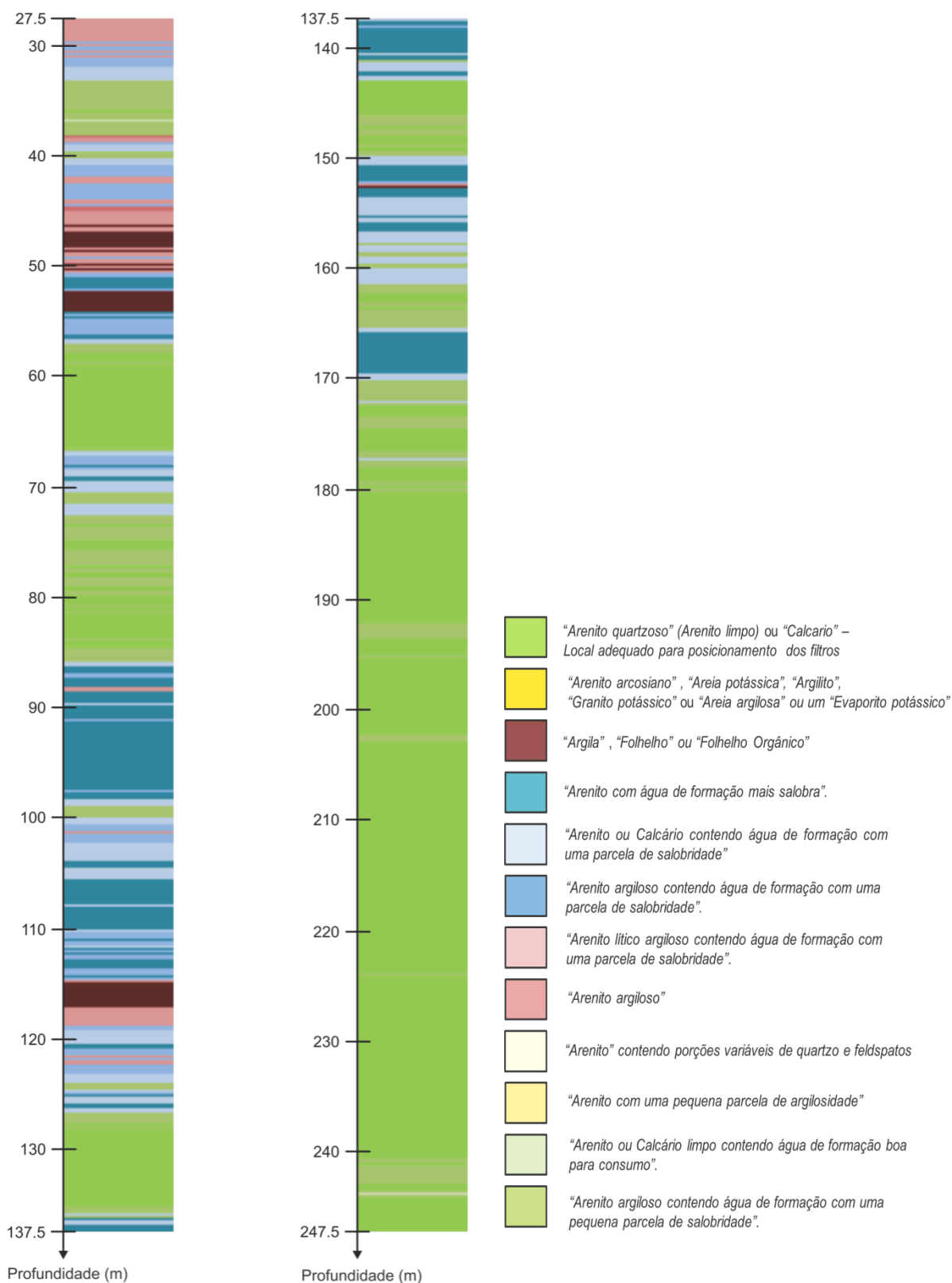
ANEXOS

ANEXO A: RETICULADO QUPC COM OS 12 ESTADOS LÓGICOS ADAPTADOS À INTERPRETAÇÃO DOS PERFIS GEOFÍSICOS DE POÇO.



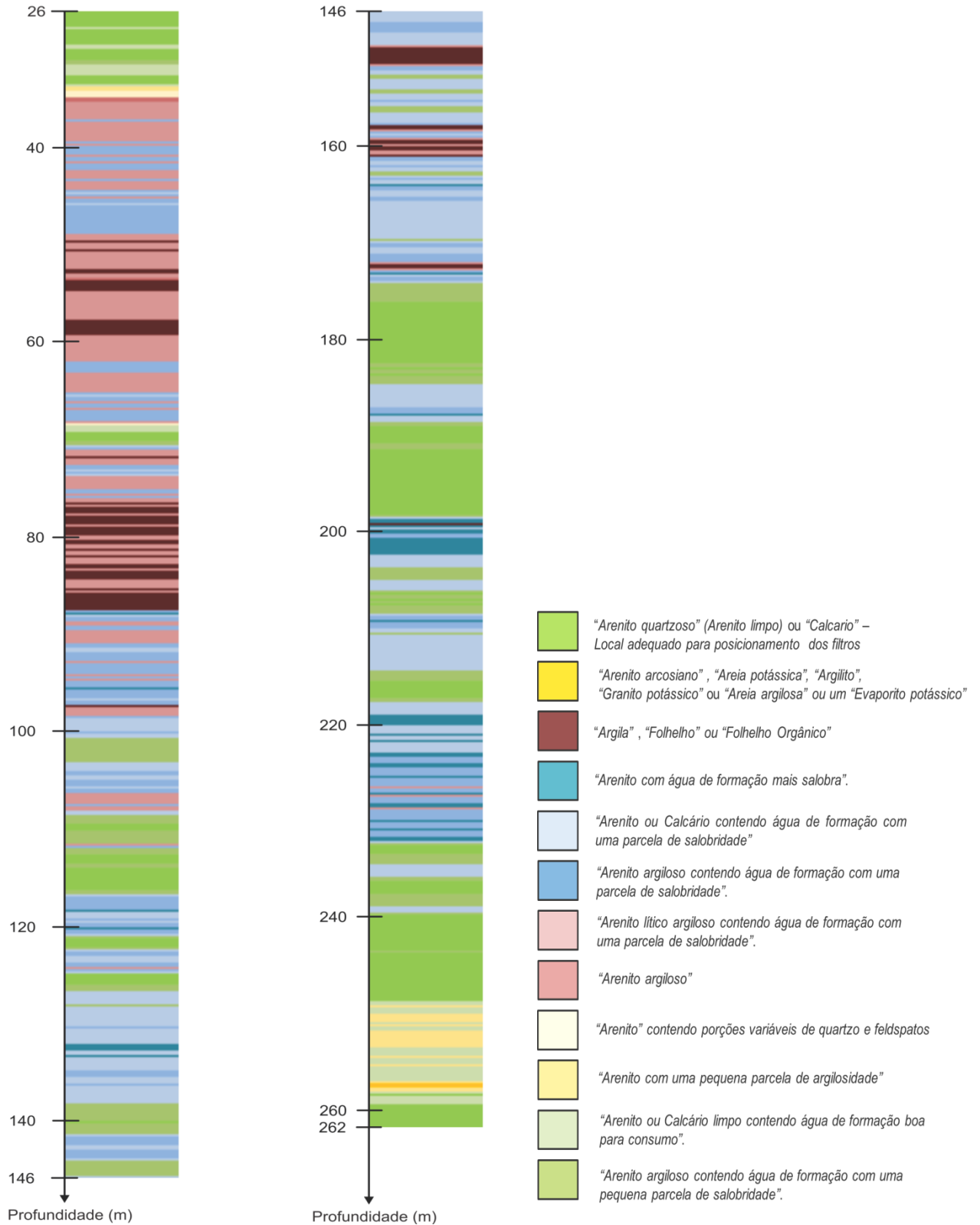
ANEXO B: “PERFIL DE POSSIBILIDADES LITOLÓGICAS DEFINIDAS PELA LPA2v” (POÇO UFPAP4) MAPEADO PELO PERFIL NGAM X SPR.

**PERFIL DE POSSIBILIDADES LITOLÓGICAS - LPA2v
Poço UFPA P4**



ANEXO C: “PERFIL DE POSSIBILIDADES LITOLÓGICAS DEFINIDAS PELA LPA2v” (PANORAMA XXI) MAPEADO PELO PERFIL NGAM X SPR.

**PERFIL DE POSSIBILIDADES LITOLÓGICAS - LPA2v
Poço Panorama XXI**



ANEXO D: RELATÓRIO TÉCNICO UFPA P4 – PERFILAGEM GEOFÍSICA

Poço: UFPA-P4

Localidade: Município de Belém – Pará

Contratante: FEMAC GEOSOLO

Data da Perfilagem: 07 de março de 2009

Extensão do Poço: 250,30 metros

Extensão perfilada do poço: 250,00 metros

Ferramentas utilizadas na perfilagem:

Raios Gama Naturais – NGAM (API CPS);
Potencial Espontâneo – SP (mV);
Resistência Elétrica – SPR (Ohm);
Resistividade Normal Curta – SHN (Ohm.m);
Resistividade Normal Longa – LON (Ohm.m).

Equipamento utilizado: Perfilador WIN LOGGER RG - Electric Sonder ELXG.

Nota: Devido ao comprimento da sonda (2,50 m), mais a extensão do cabo *bridle* (10,00 m), os registros da perfilagem só são realizados a partir de 12,50m.

Objetivo da perfilagem: Delimitar os aquíferos atravessados pelo poço **UFPA-P4**

De acordo com os quatro perfis elétricos (SPR, LON, SHR e SP) juntamente como perfil de raios gamas (NGAM), realizados, **nove porções (A-I)** são apontadas como prováveis zonas com potenciais aquíferos. As zonas aquíferas interpretadas e delimitadas são mostradas na tabela 1.

Tabela 1. Zonas aquíferas identificadas:

Zona	Topo (m)	Base (m)	Extensão (m)
A	32,5	41,0	8,5
B	56,5	67,0	10,5
C	69,5	86,5	7,0
D	98,0	110,5	12,5
E	123,5	137,5	14,0
F	139,5	151,5	12,0
G	153,5	167,0	13,5
H	170,0	192,5	22,50
I	194,0	249,5	55,50

Os registros interpretados são apresentados nas figuras 1, 2, 3 e 4. Nelas estão indicadas as zonas com os melhores potenciais aquíferos.

Figura 1. Perfil geofísico e interpretação no intervalo de 12,50 até 76 m.

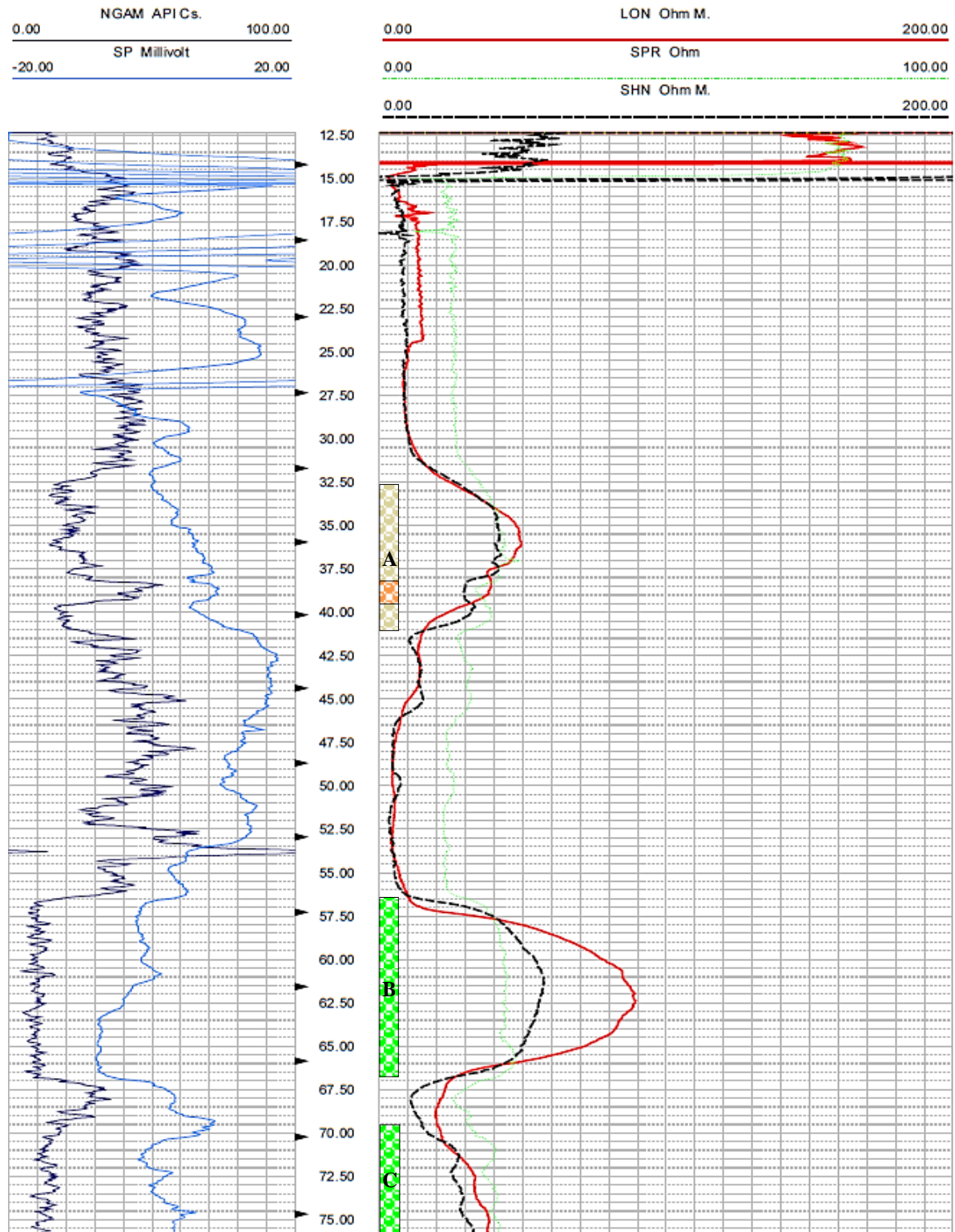


Figura 2. Perfil geofísico e interpretação no intervalo de 76 até 150 m.

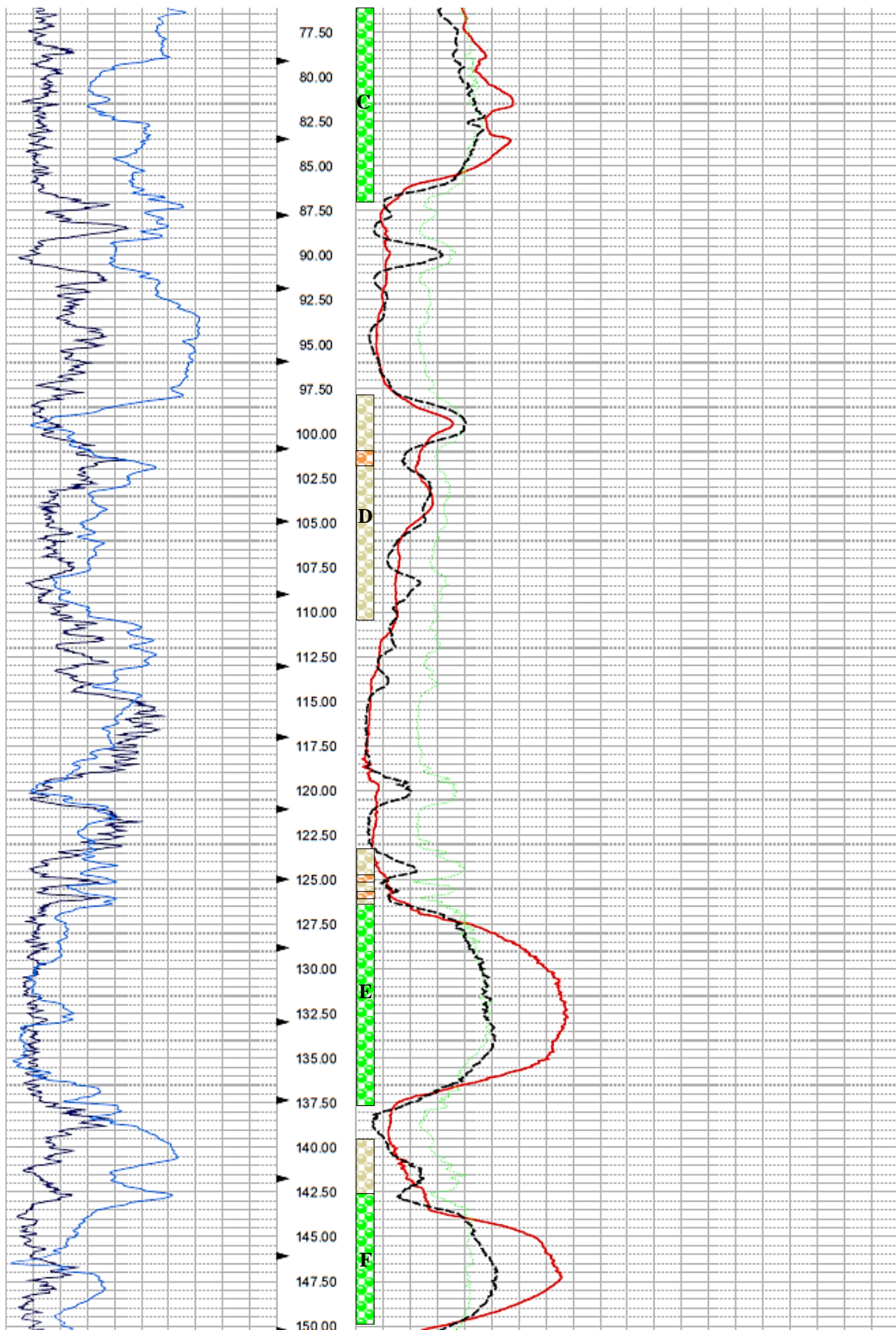


Figura 3. Perfil geofísico e interpretação no intervalo de 150 até 222,5m.

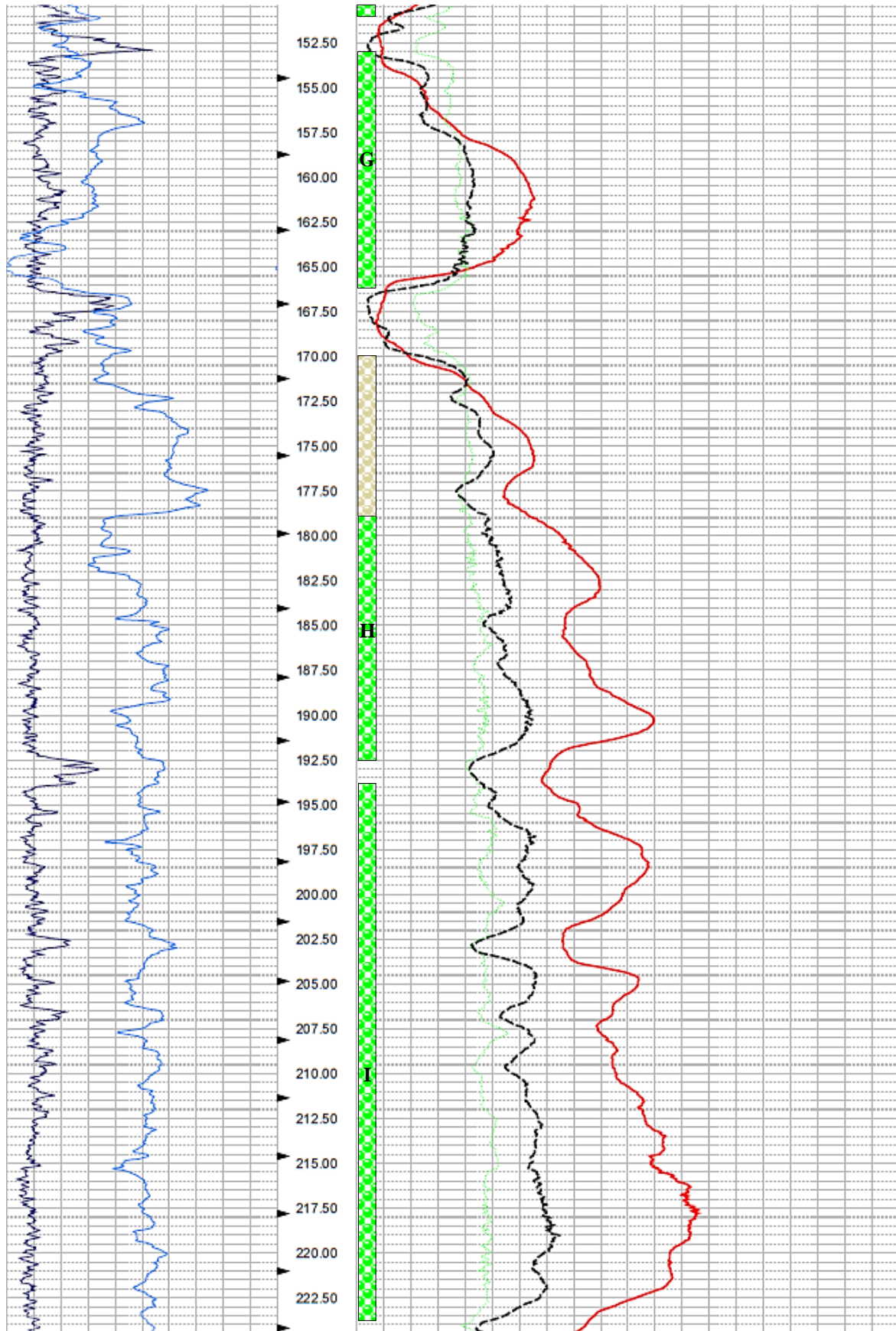
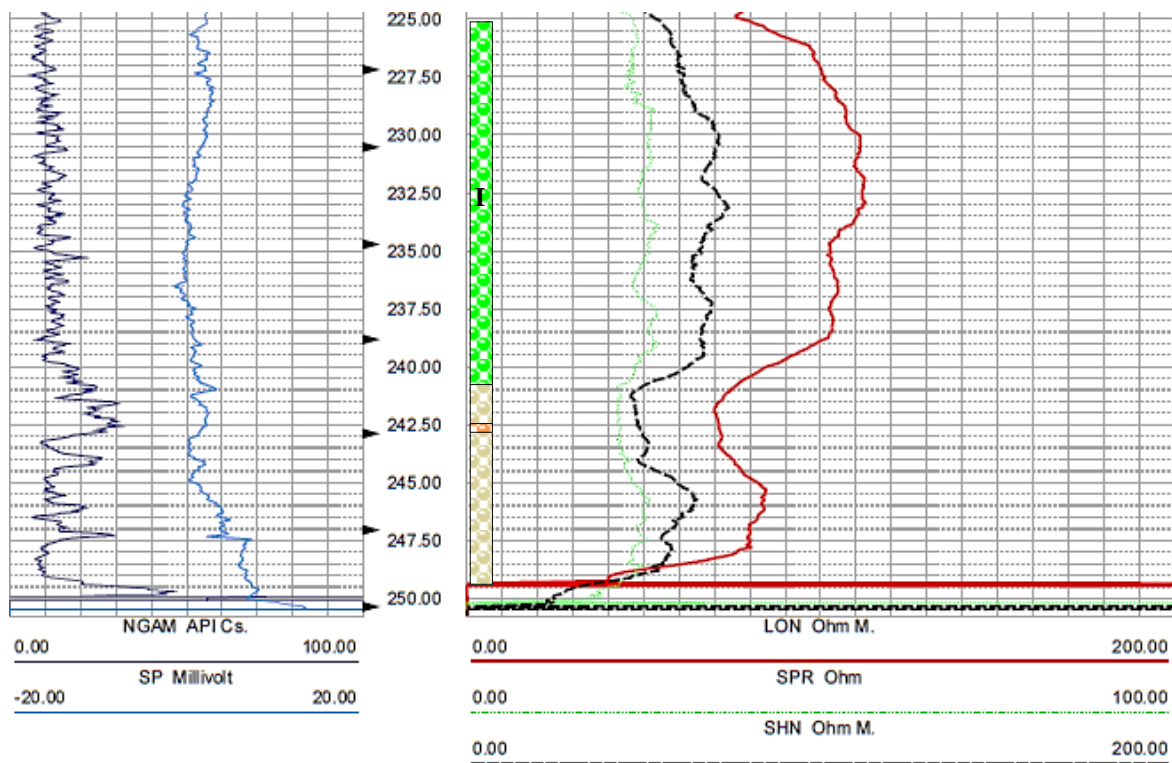


Figura 4. Perfil geofísico e interpretação no intervalo de 225 até 250 m.



Depth: 12.00 m Date: 07 Mar 2009 Time: 13:33:52 File: "C:\WnLogger\Data\UFPA_P4.LOG"

INTERPRETAÇÃO:

Das zonas interpretadas, as zonas **B, C, E, F, G, H e I** indicam os maiores potenciais aquíferos, enquanto que as zonas **A e D** apontam para potenciais mais baixos.

Das zonas com os melhores potenciais, as zonas **B, E, G, H e I**, parecem ser as mais promissoras.

Como podem ser observadas nas figuras, as colunas que indicam as zonas com algum potencial aquífero, correm algumas porções com provável redução do potencial aquífero e também algumas laminações mais argilosas. Nestas colunas, a cor em tom verde forte indica maior potencial, a cor em tom verde pálido indica menor potencial, e as laminações argilosas estão indicadas pela cor laranja.

Na zona **A**, uma laminação argilosa ocorre na profundidade de 38,25 metros, com espessura de 1,25 metros;

Na zona **D**, uma laminação mais argilosa ocorre na profundidade de 101,00 metros, com espessura de 1,00 metros;

Na zona **E**, a porção mais promissora ocorre na profundidade de 126,5 até 137,50 metros;

Na zona **F**, a porção mais promissora ocorre na profundidade de 143,00 até 151,50 metros;

Na zona **I**, a porção mais promissora ocorre na profundidade de 194,00 até 240,50 metros.

As laminações registradas por apresentarem pequenas espessuras podem em alguns casos serem desconsideradas.

Na parte superior do perfil, entre 12,5 até 15,0 metros, os registros elétricos são fortemente afetados pelas condições do nível de lama no poço e pelo tubo de boca. Ainda assim, foi possível analisar a parte superior do poço, a partir do perfil de NGAM.

Possíveis zonas aquíferas com menos de 2 metros de espessura foram desconsideradas na interpretação.

Em anexo, é apresentado o perfil geofísico adquirido com sonda digital ELXG (manufatura pela Robertson Geologging LTDA).

Belém, 16 de março de 2009



Alberto Leandro de Melo
Mestre em Geofísica – DG

Universidade Federal do Pará - FADESP
Centro de Geociências
Departamento de Geofísica
Laboratório de Prospecção Geofísica

ANEXO E: RELATÓRIO TÉCNICO PANORAMA XXI – PERFILAGEM GEOFÍSICA

Poço: Panorama XXI
Localidade: Município de Belém– Pará
Local: Conj. Res. Panorama XXI

Contratante: FEMAC GEOSOLO

Data da Perfilagem: 12 de junho de 2009
Extensão do Poço: 263,80 m
Extensão perfilada do poço: 12,50 até 263,00 m

Ferramentas utilizadas na perfilagem:

Raios Gama Naturais – NGAM (API CPS);
Potencial Espontâneo – SP (mV);
Resistência Elétrica – SPR (Ohm);
Resistividade Normal Curta – SHN (Ohm.m);
Resistividade Normal Longa – LON (Ohm.m).

Equipamento utilizado: Perfilador WIN LOGGER RG - Electric Sonder ELXG.

Nota: Devido ao comprimento da sonda (2,50 m), mais a extensão do cabo *bridle* (10,00 m), os registros da perfilagem só são realizados a partir de 12,50 m.

Objetivo da perfilagem: Delimitar os aquíferos atravessados pelo poço **Panorama XXI**.

De acordo com os quatro perfis elétricos (SPR, LON, SHR e SP) juntamente como perfil de raios gamas (NGAM), realizados, **dez** (A~J) porções são apontadas como prováveis zonas com potenciais aquíferos. As zonas aquíferas interpretadas e delimitadas são mostradas na tabela 1.

Tabela 1. Zonas aquíferas identificadas:

Zona	Topo (m)	Base (m)	Extensão (m)
A	17,20	34,00	16,20
B	96,60	106,40	9,80
C	108,60	116,80	8,20
D	121,20	147,60	26,40
E	152,00	157,80	5,80
F	161,40	171,20	9,80
G	174,40	196,80	22,40
H	202,40	223,20	20,80
I	232,00	248,80	16,80
J	260,00	263,00	3,00

Os registros geofísicos interpretados são apresentados nas Figuras 1 até 5. Nelas estão indicadas as zonas com os melhores potenciais aquíferos.

Figura 1. Perfil geofísico e interpretação no intervalo de 12,50 até 63,60 m.

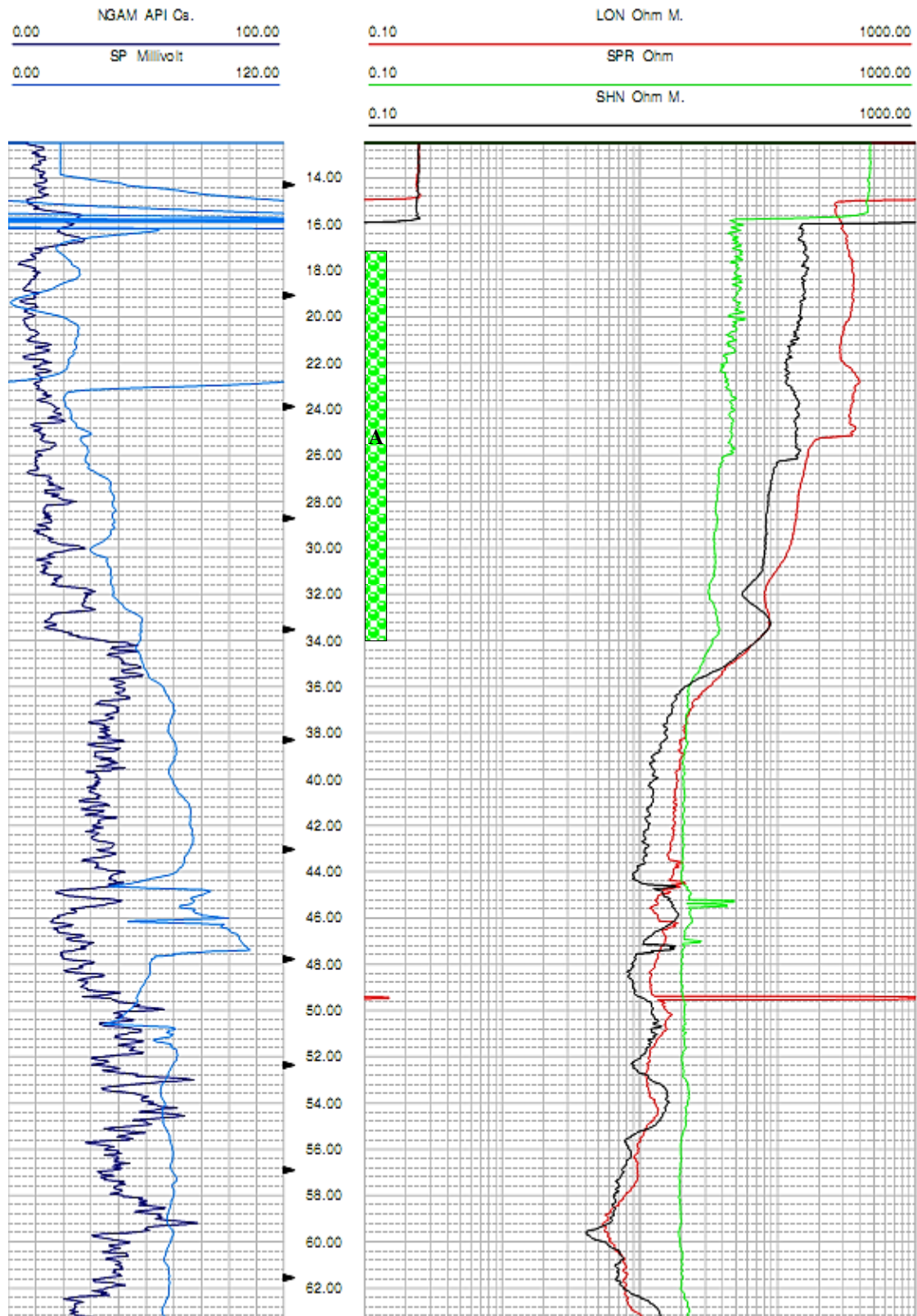


Figura 2. Perfil geofísico e interpretação no intervalo de 63,60 até 122,80 m.

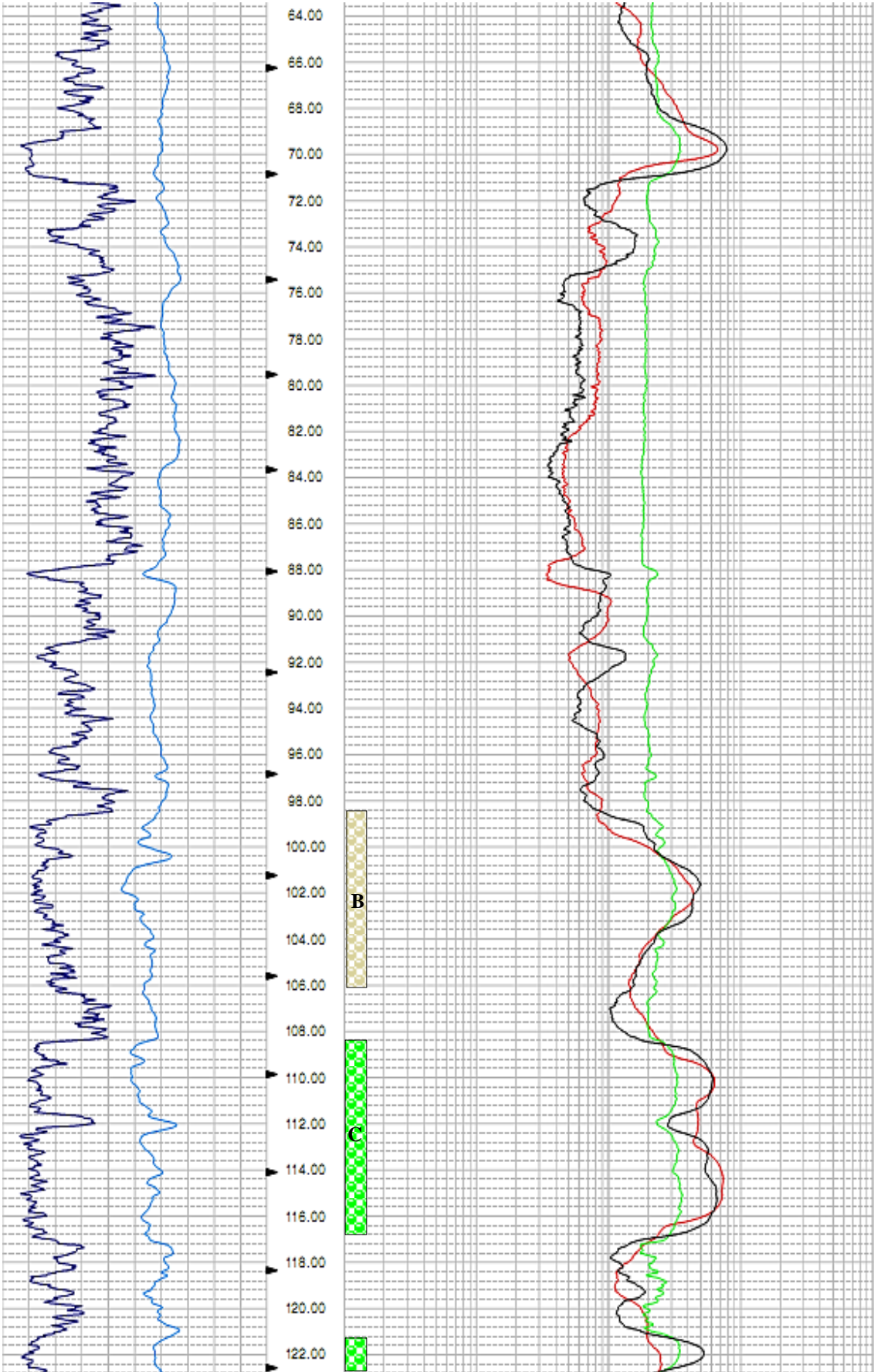


Figura 3. Perfil geofísico e interpretação no intervalo de 122,80 até 182,20 m.

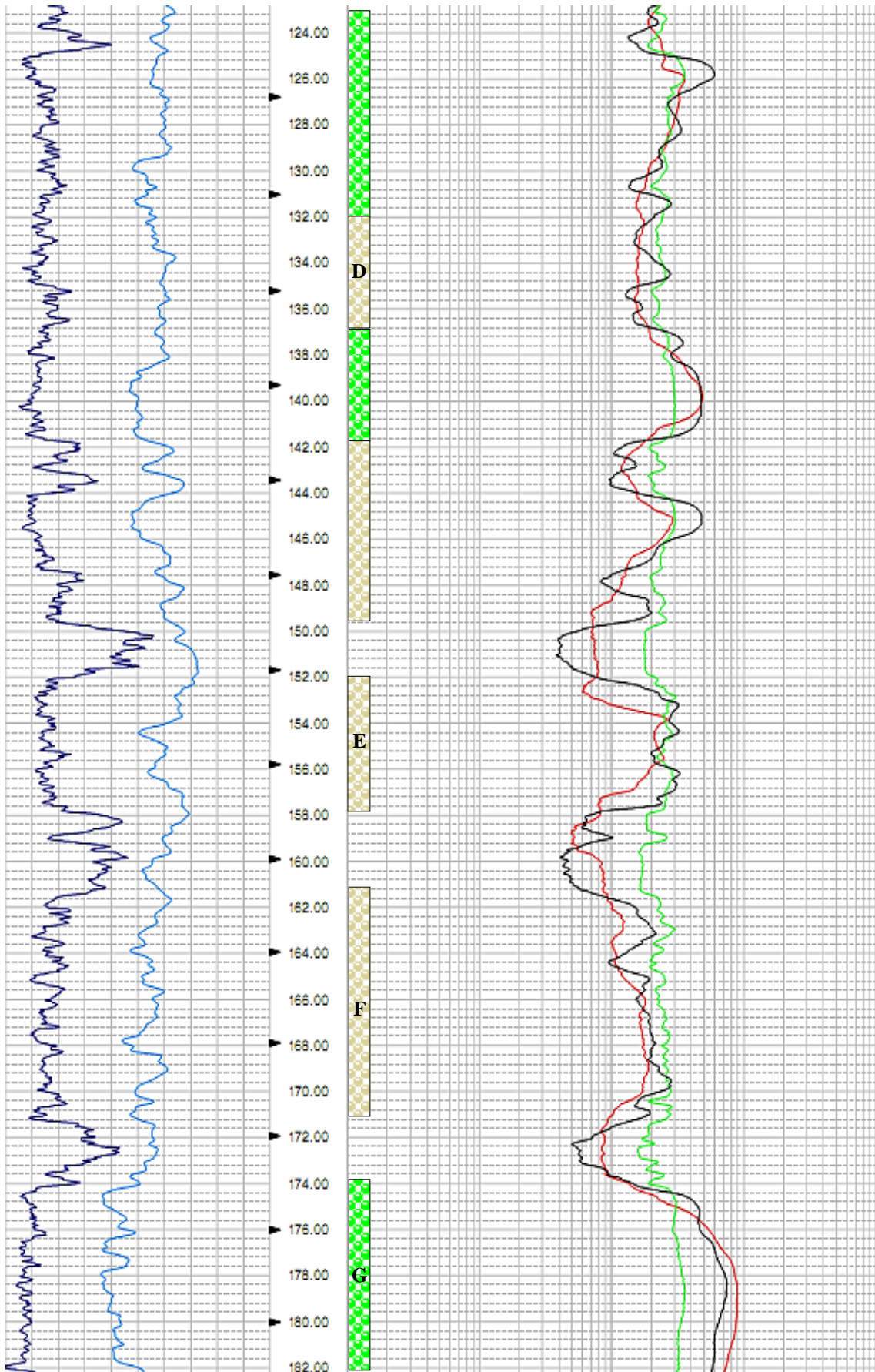


Figura 4. Perfil geofísico e interpretação no intervalo de 182,20 até 241,80 m.

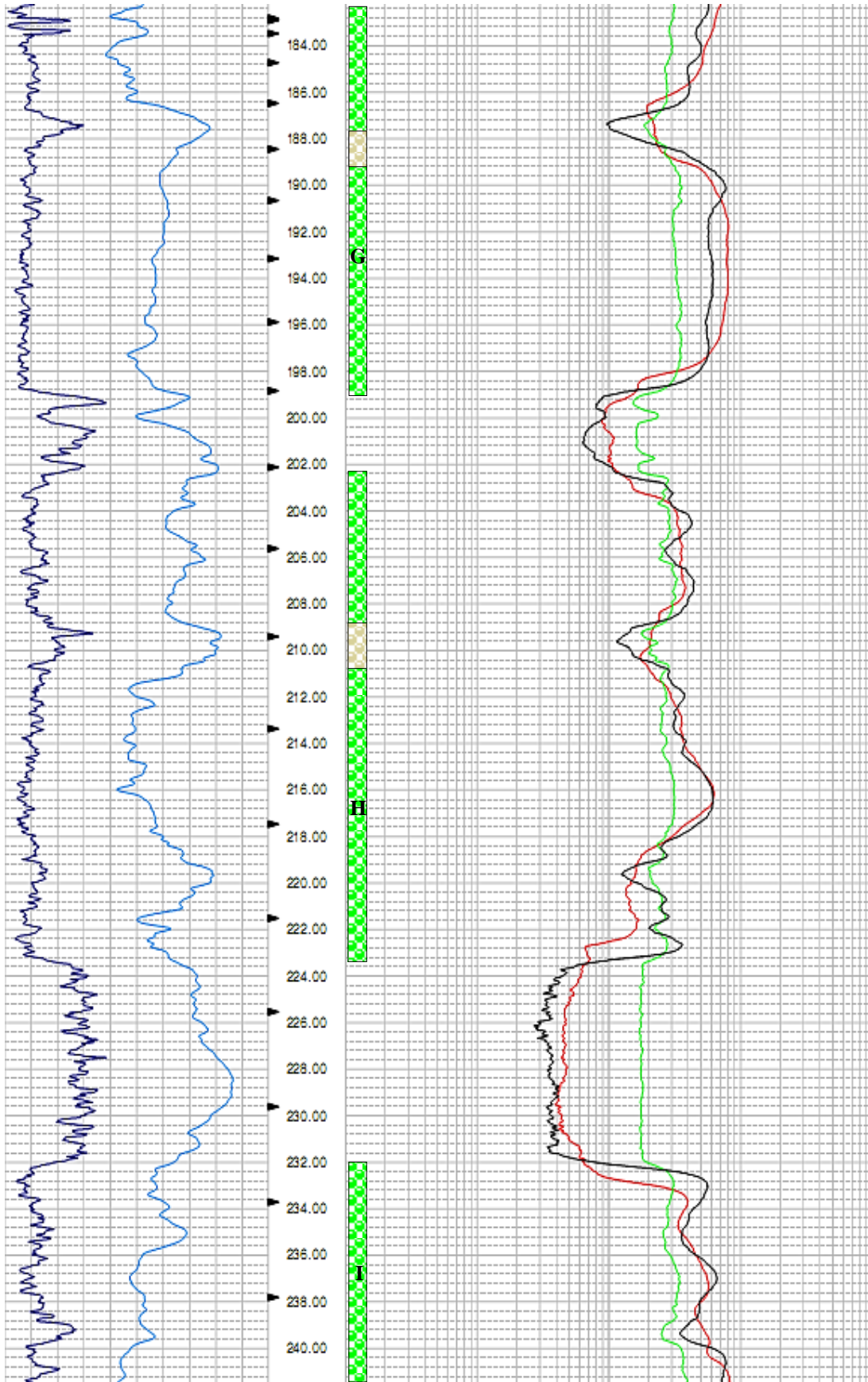
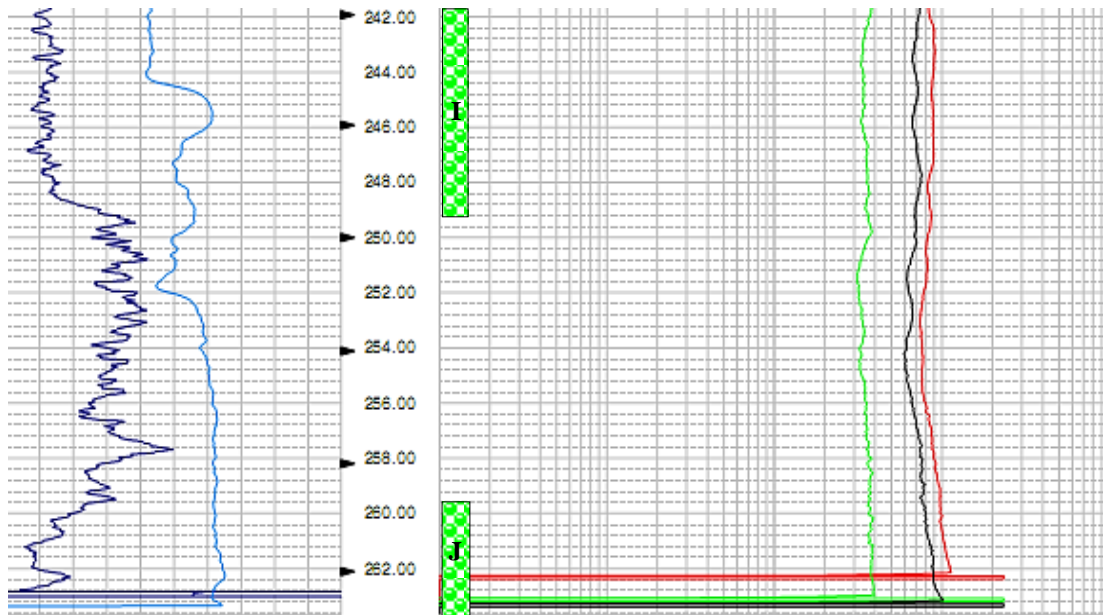


Figura 5. Perfil geofísico e interpretação no intervalo de 241,80 até 263,00 m.



INTERPRETAÇÃO:

Como pode ser observado nas figuras de 1 a 5, nas colunas que indicam as zonas com algum potencial aquífero, correm algumas porções com provável redução do potencial e também algumas laminações mais argilosas. Nestas zonas, a cor em tom verde forte indica maior potencial, já a cor em tom verde pálido indica menor potencial, enquanto que as laminações argilosas estão indicadas pela cor laranja.

Das zonas interpretadas, as zonas **A**, **G**, **H**, e **I** indicam os melhores potenciais aquíferos, enquanto que as zona **B**, **E** e **C** aponta para o potencial mais baixo.

Das zonas com os melhores potenciais, as zonas **I** e **G** parecem ser as mais promissoras.

Na zona **A**, apesar de apresentar um bom potencial é muito superficial e sujeita às contaminações de superfície;

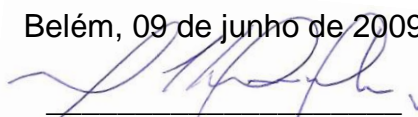
Na zona **D**, embora extensa, apresenta muitas variações no conteúdo de argila, tornando a zona menos promissora;

Na zona **G**, uma aparente redução do potencial no centro da zona é observada. Entretanto, esta redução não deve afetar sensivelmente o potencial médio do aquífero.

Possíveis zonas aquíferas com menos de 2 metros de espessura foram desconsideradas na interpretação.

Em anexo, é apresentado o perfil geofísico adquirido com sonda digital ELXG (manufatura pela Robertson Geologging LTDA).

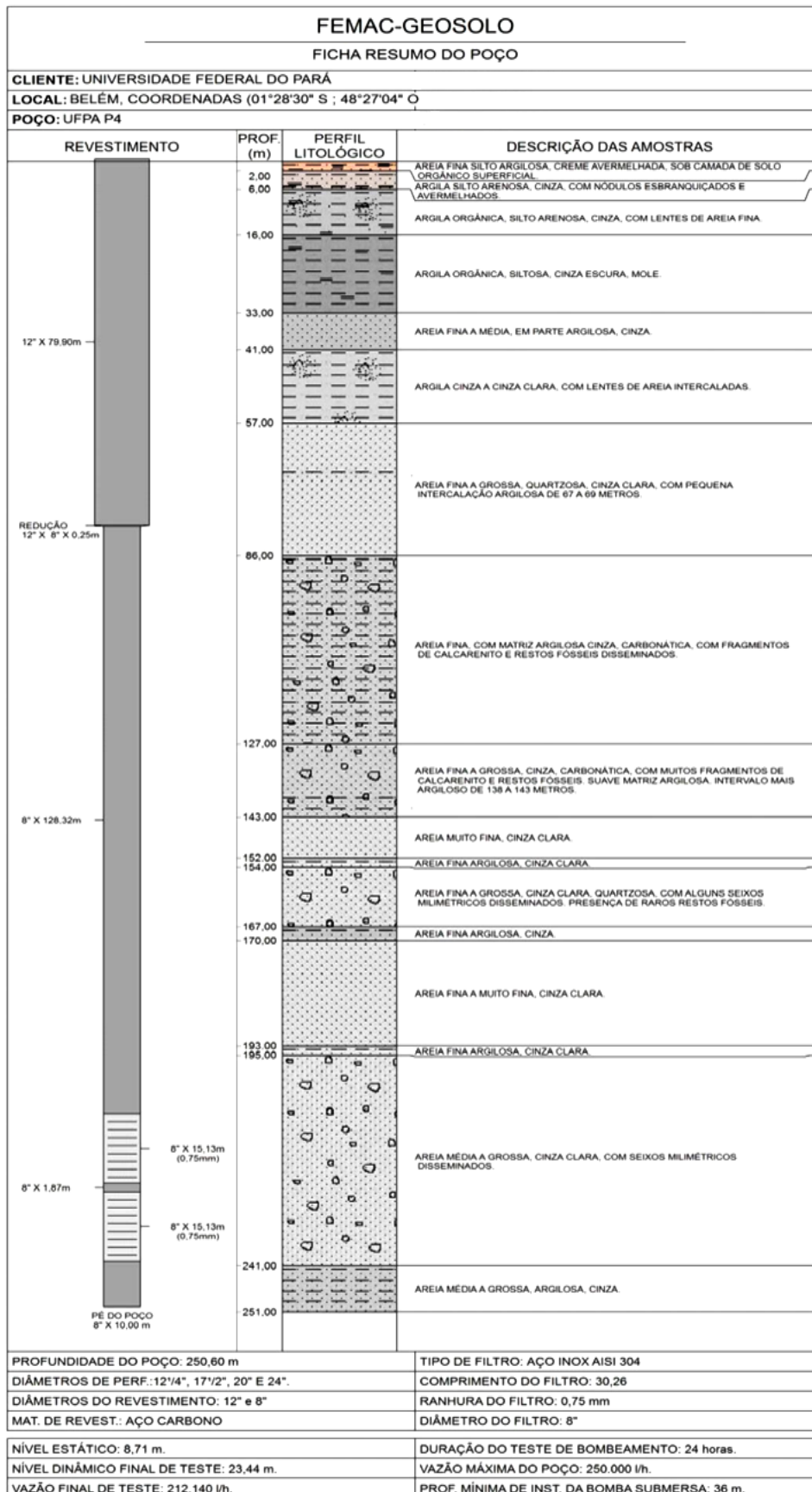
Belém, 09 de junho de 2009



Alberto Leandro de Melo
Mestre em Geofísica – DG

Universidade Federal do Pará - FADESP
Centro de Geociências
Departamento de Geofísica
Laboratório de Prospecção Geofísica

ANEXO F: PERFIL GEOLÓGICO DO POÇO UFPA P4.



ANEXO G: PERFIL GEOLÓGICO DO POÇO PANORAMA XXI.

FEMAC-GEOSOLO			
FICHA RESUMO DO POÇO			
CLIENTE: COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ			
LOCAL: CONJUNTO PANORAMA XXI, BELÉM-PA.			
POÇO: PANORAMA XXI P1			
REVESTIMENTO	PROF. (m)	PERFIL LITOLÓGICO	DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS
	2,00		AREIA SILTO ARGILOSA, CREME AMARELADA
			AREIA FINA, CREME A CINZA, COM INTERVALO POUCO ARGILOSO DE 15 A 17 METROS. PRESENÇA DE PEDREGULHOS DE ARENTO FERRUGINOSO MARROM ESCURO NO MEIO E NO FINAL DA CAMADA.
14" X 82,16m	34,00		ARGILA CINZA COM VARIÇÕES DE TONALIDADES MAIS CLARAS A MAIS ESCURAS E COM PEQUENAS INTERCALAÇÕES ARENOSAS.
	66,00		AREIA FINA A GROSSA, CINZA.
14" X 7,34m	71,00		ARGILA CINZA, COM PEQUENAS INTERCALAÇÕES ARENOSAS.
REDUÇÃO 14" X 8" X 0,25m	98,00		AREIA FINA, ARGILOSA, CINZA ESCURA A ESVERDEADA, LEVEMENTE CARBONÁTICA, COM INTERCALAÇÃO MAIS ARGILOSA DE 108 A 109 METROS.
	117,00		ARGILA ARENOSA, CINZA ESCURA A ESVERDEADA.
	121,00		AREIA MUITO FINA, ARGILOSA, CINZA ESCURA A ESVERDEADA.
8" X 102,05m	142,00		CAMADAS INTERCALADAS DE AREIA FINA A GROSSA, CARBONÁTICA, EM PARTE ARGILOSA, CINZA, E ARGILA ARENOSA, CARBONÁTICA, CINZA ESVERDEADA, FRAGMENTOS DE CALCARENITO CONCRECIONADO E FOLHELHOS DISSEMINADOS.
	174,00		AREIA MÉDIA A GROSSA, PASSANDO A FINA NA BASE DA CAMADA, CINZA CLARA, CARBONÁTICA, COM FRAGMENTOS DE CALCARENITO CONCRECIONADO DISSEMINADOS. INTERVALO ARGILOSO DE 187 A 189 METROS.
8" X 4,48m	199,00	8" X 8,00m (0,75mm)	ARGILA ARENOSA, CINZA ESVERDEADA.
8" X 2,28m	202,00	8" X 6,31m (0,75mm)	AREIA FINA A MÉDIA, COM AUMENTO DA GRANULOMETRIA PARA A BASE DA CAMADA, CINZA CLARA. INTERVALO ARGILOSO DE 209 A 211 METROS.
	223,00	8" X 12,31m (0,75mm)	ARGILA ARENOSA, CINZA ESVERDEADA.
8" X 9,84m	232,00		AREIA FINA A GROSSA, COM ALGUNS SEIXOS DE QUARTZO, CINZA CLARA.
	249,00	8" X 15,00m (0,75mm)	AREIA FINA A GROSSA, COM SEIXOS DE QUARTZO, ARGILOSA, CINZA CLARA COM NODULOS AVERMELHADOS.
PÉ DO POÇO 8" X 4,13 m	260,00		AREIA FINA A MÉDIA, ARGILOSA, CINZA, CARBONÁTICA.
	263,00		
PROFUNDIDADE DO POÇO: 252,75 m		TIPO DE FILTRO: AÇO INOX AISI 304.	
DIÂMETROS DE PERF.: 12 1/4", 17 1/2", 22" E 26".		COMPRIMENTO DO FILTRO: 39,62	
DIÂMETROS DO REVESTIMENTO: 14" e 8"		RANHURA DO FILTRO: 0,75 mm	
MAT. DE REVEST.: AÇO CARBONO.		DIÂMETRO DO FILTRO: 8"	
NÍVEL ESTÁTICO: 34,94 m.		DURAÇÃO DO TESTE DE BOMBEAMENTO: 24 HORAS.	
NÍVEL DINÂMICO FINAL DE TESTE: 50,17 m.		VAZÃO MÁXIMA DO POÇO: 280.000 l/h.	
VAZÃO FINAL DE TESTE: 135.000 l/h.		PROFUND. DO ANEL DE APOIO DA BOMBA SUBMERSA: 82,16 m.	

ANEXO H: LISTA DE CÓDIGOS

MÓDULO 1- Leitura dos dados brutos com chamada das sub-rotinas operacionais

```

% Leitura dos perfis geofísicos;
% Ler os dados do arquivo texto da perfilagem do poço
%clear all;
%close all;

disp ('-----');
disp ('PROGRAMA LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA DE ANOTAÇÃO COM DOIS
VALORES: LPA2v ');
disp ('      UTILIZAÇÃO DA LPA2v NA INTERPRETAÇÃO DE PERFIS GEOFÍSICOS DE
POÇO      ');
disp ('-----');
NomeArq=input('Entre com o nome do arquivo: ','s');
D='Dados de poço recuperados na matriz M';
str=['Lendo arquivo ',NomeArq,' para a memória'];
disp(str);
clear str
MDados=importdata(NomeArq,' ',36);
disp(D);
[m n]=size(MDados.data);
M=MDados.data;
str1=['A matriz M tem dimensão= ', num2str(m), ' X ',num2str(n)];
disp(str1);
clear str1
str=[' DTH ', ' NSH ', ' SPR ', ' LON ', ' NGAM ', ' SP '];
str1=(' Os canais da matriz M são: ');
disp(str1);
disp(str);

% fim da subrotina;

% Rotina de ajuste de escalas API para escalas normais;
% Os canais de resistividades devem ser atenuados por um fator de 5;
% O canal SP deve ser subtraído de 11200;

disp('Ajuste de escalas dos canais API')
DTH=M(:,1);
NSH=M(:,2)/5;
SPR=M(:,3)/5;
LON=M(:,4)/5;
NGAM=M(:,5);
SP=(M(:,6)-11200)/10;
M=[DTH NSH SPR LON NGAM SP];
disp('Ajuste Completado');

% Fim da rotina

%Definição do span para cada canal

```

```

% =====
% MEDIA SIMPLES POR AJUSTE DE JANELAS (w) MÓVEIS
% =====

faz_media=input('Deseja realizar Média Móvel?[S/N]','S');
if ((faz_media=='s')||(faz_media=='S'))
    tam_janela=input('Defina tamanho da janela móvel (w): ');
    overlap=input('Defina a sobreposição ( [0]:w [1]:w/2 [2]:w/3 ): ');
    [PWM,n_pontos]=Mmedia(M,tam_janela,overlap);
    DTH=PWM(:,1);
    NSH=PWM(:,2);
    SPR=PWM(:,3);
    LON=PWM(:,4);
    NGAM=PWM(:,5);
    SP=PWM(:,6);
end

% =====
% EDIÇÃO E AJUSTES DE PERFIS EM VALORES MÁXIMOS E MÍNIMOS
% =====

EditPerf
GeraInd

```

MÓDULO 2- Ajuste média Simples por deslocamento de janelas móveis.

```
% Calcula a Média simples por deslocamento de N janelas (w)móveis
```

```

function [Mm,Np] = Mmedia(M,w,ov)
switch ov
    case 0
        ws=w;
    case 1
        ws=round(w/2);
    case 2
        ws=round(w/3);
    otherwise
        warning('teste');
end
[m n]=size(M);
L1=1;
L2=w;
N=round(m/ws);
for i=1:N
    if L2 <= m
        Mm(i,:)=mean(M(L1:L2,:));
        L1=L1+ws;
        L2=L2+ws;
    end
    DTH=Mm(:,1);
    NSH=Mm(:,2);
    SPR=Mm(:,3);
    LON=Mm(:,4);
    NGAM=Mm(:,5);
    SP=Mm(:,6);
    Mm=[DTH NSH SPR LON NGAM SP];
end
Np=i;

```

MÓDULO 3- Edição individual dos dados

```
% Sub-rotina de Edição dos perfis
```

```
R1 = 'S';
%
disp('EDIÇÃO DE PERFIS WELLOGGING: NSH SPR LON NGAM SP')
disp('NOVOS PERFIS DE SAÍDA SERÃO: NSHe, SPRe, LONe, NGAME e SPe')
disp(' ')
while R1 == 'S'
Perf=input('Qual o perfil a ser editado? ','s');
switch Perf
case 'NSH'
disp('Editando o perfil Normal Curta')
figure(5);plot(NSH,DTH)
disp('DETERMINAÇÃO DO MÍNIMO')
disp('Amplie o perfil até o ponto em que o PONTO MÍNIMO esteja bem visível')
R2= input('Já ampliado? [S/N]','s')
while R2 ~= 'S'
end
Min=ginput
clear (R2)
disp('DETERMINAÇÃO DO MÁXIMO')
disp('Amplie o perfil até o ponto em que o PONTO MÁXIMO esteja bem visível')
R2= input('Já ampliado? [S/N]','s')
while R2 ~= 'S'
end
Max=ginput
N=length(DTH);
NSHmin=Min(1,1);
NSHmax=Max(1,1);
NSHe=NSH;
for i=1:N
if NSHe(i) <= NSHmin
NSHe(i)=NSHmin;
elseif NSHe(i) >= NSHmax
NSHe(i)=NSHmax;
else
end
end
clf(5);
figure(10); plot(NSHe,DTH)

case 'SPR'
disp('Editando o perfil Single Point')
figure(5); plot(SPR,DTH)
disp('DETERMINAÇÃO DO MÍNIMO')
disp('Amplie o perfil até o ponto em que o PONTO MÍNIMO esteja bem visível')
R2= input('Já ampliado? [S/N]','s')
while R2 ~= 'S'
end
Min=ginput;
clear (R2)
disp('DETERMINAÇÃO DO MÁXIMO')
disp('Amplie o perfil até o ponto em que o PONTO MÁXIMO esteja bem visível')
R= input('Já ampliado? [S/N]','s')
```

```

while R ~= 'S'
end
Max=ginput;
N=length(DTH);
SPRmin=Min(1,1);
SPRmax=Max(1,1);
SPRe=SPR;
for i=1:N
    if SPRe(i) <= SPRmin;
        SPRe(i)=SPRmin;
    elseif SPRe(i) >= SPRmax;
        SPRe(i)=SPRmax;
    else
    end
end
clf(5);
figure(11); plot(SPRe,DTH)
%
case 'LON'
disp('Editando o perfil Normal Longa')
figure(5);plot(LON,DTH)
disp('DETERMINAÇÃO DO MÍNIMO')
disp('Amplie o perfil até o ponto em que o PONTO MÍNIMO esteja bem
visível')
R2= input('Já ampliado? [S/N]', 's')
while R2 ~= 'S'
end
Min=ginput;
clear (R2)
disp('DETERMINAÇÃO DO MÁXIMO')
disp('Amplie o perfil até o ponto em que o PONTO MÁXIMO esteja bem
visível')
R= input('Já ampliado? [S/N]', 's')
while R ~= 'S'
end
Max=ginput;
N=length(DTH);
LONmin=Min(1,1);
LONe=LON;
LONmax=Max(1,1);
for i=1:N
    if LONe(i) <= LONmin;
        LONe(i)=LONmin;
    elseif LONe(i) >= LONmax;
        LONe(i)=LONmax;
    else
    end
end
clf(5);
figure(12); plot(LONe,DTH)
%
case 'NGAM'
disp('Editando o perfil Raios Gama Natural')
figure(5);plot(NGAM,DTH)
disp('DETERMINAÇÃO DO MÍNIMO')
disp('Amplie o perfil até o ponto em que o PONTO MÍNIMO esteja bem
visível')
R2= input('Já ampliado? [S/N]', 's')
while R2 ~= 'S'
end
Min=ginput;

```

```

clear (R2)
disp('DETERMINAÇÃO DO MÁXIMO')
disp('Amplie o perfil até o ponto em que o PONTO MÁXIMO esteja bem
visível')
R= input('Já ampliado? [S/N]', 's')
while R ~= 'S'
end
Max=ginput;
N=length(DTH);
NGAMmin=Min(1,1);
NGAMmax=Max(1,1);
NGAME=NGAM;
for i=1:N
    if NGAME(i) <= NGAMmin;
        NGAME(i)= NGAMmin;
    elseif NGAME(i) >= NGAMmax;
        NGAME(i)=NGAMmax;
    else
    end
end

end
clf(5);
figure(13); plot(NGAME,DTH)
%
%
case 'SP'
disp('Editando o perfil Potencial Espontâneo')
figure(5);plot(SP,DTH)
disp('DETERMINAÇÃO DO MÍNIMO')
disp('Amplie o perfil até o ponto em que o PONTO MÍNIMO esteja bem
visível')
R2= input('Já ampliado? [S/N]', 's')
while R2 ~= 'S'
end
Min=ginput;
clear (R2)
disp('DETERMINAÇÃO DO MÁXIMO')
disp('Amplie o perfil até o ponto em que o PONTO MÁXIMO esteja bem
visível')
R= input('Já ampliado? [S/N]', 's')
while R ~= 'S'
end
Max=ginput;
N=length(DTH);
SPmin=Min(1,1);
SPmax=Max(1,1);
SPe=SP;
for i=1:N
    if SPe(i) <= SPmin;
        SPe(i)= SPmin;
    elseif SPe(i) >= SPmax;
        SPe(i)=SPmax;
    else
    end
end

end
clf(5);
figure(14); plot(SPe,DTH)

```

```

        otherwise
        disp('PERFIL DESCONHECIDO!!!!');
    end
R1=input('Quer Editar mais Perfis? S/N: ','s');
end
disp(' FIM DAS EDIÇÕES ')

```

MÓDULO 4- Ajuste dos operadores / Índices e Normalização dos perfis.

% Manipulação dos dados dos perfis processados e editados para a geração do
% grau de crença e descrença de cada perfil analisado

```

disp('----- NORMALIZAÇÃO DOS PERFIS WELLOGGING -----
--');
disp('NOVOS PERFIS NORMALIZADOS DE SAÍDA SERÃO: INSH, ISPR, ILON, INGAM e
ISP');
disp('Cada perfil índice é composto por: [m1 m2]');
R='S';
while R == 'S'
Nperf=input('Entre com o perfil para a normalização: ','s');
switch Nperf

    case 'NSHe'
        disp('Normalizando o perfil Normal Curta editado')
        Insh=(NSHe-min(NSHe))/(max(NSHe)-min(NSHe));
        INSH=[Insh (1-Insh)];

    case 'SPRe'
        disp('Normalizando o Single Point Resistance editado')
        Ispr=(SPRe-min(SPRe))/(max(SPRe)-min(SPRe));
        ISPR=[Ispr (1-Ispr)];

    case 'LONe'
        disp('Normalizando o perfil Normal Longa editado')
        Ilon=(LONe-min(LONe))/(max(LONe)-min(LONe));
        ILON=[Ilon (1-Ilon)];

    case 'NGAMe'
        disp('Normalizando o perfil de Raios Gama Natural editado')
        Igam=(NGAMe-min(NGAMe))/(max(NGAMe)-min(NGAMe));
        INGAM=[Igam (1-Igam)];

    case 'SPe'
        disp('Normalizando o perfil de Potencial Espontâneo editado')
        Isp=(SPe-min(SPe))/(max(SPe)-min(SPe));

R1=input('Quer Ajustar Linha Base de Shale-LS? [S/N] ','s');
if R1 == 'S'
    R2='N';
    disp('Marque o ponto mais provável da LS')
    figure(5);plot(Isp(:,1),DTH,(INGAM(:,1)+1),DTH);

    %figure(5);plot(ISP(:,1),DTH,(INGAM(:,1)+1),DTH);
    R2=input('Linha de Shalle já determinada? ','s');
    while R2 ~= 'S'
    end
    LS=ginput;
    ls=LS(1,1);
    for i=1:length(DTH)

```

```

        if Isp(i) > ls
            Isp(i)=(2*ls-Isp(i))/ls;
        else
            Isp(i)=Isp(i)/ls;
        end
        ISP=[Isp (1-Isp)];
        plot (ISP,DTH)

    end

end
otherwise
disp('PERFIL DESCONHECIDO!!!!');

end
R=input('Quer Normalizar mais Perfis? S/N: ','s');
end
disp(' FIM DAS Normalizações ')

```

MÓDULO 5- Algoritmo Paranalizador.

% Operacionalização dos conectivos OR e Tratamento dos dados ambíguos via Algoritmo Paraconsistente LPA2v.

```

disp ('-----');
disp ('PROGRAMA LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA DE ANOTAÇÃO COM DOIS
VALORES: LPA2v ');
disp (' RETICULADOS QUPC, RETICULADO GC-GCT E PERFIL DE POSSIBILIDADES
LITOLÓGICAS ');
disp ('-----');
clear all;
close all;

```

% 1ª OPERAÇÃO CONETIVOS OR E AND:
% Abrir o arquivo com as proposições (prof m1A m2B) e (prof m1C m2D)

```

A= xlsread ('PERFIL_conectivos.xls');
N=2199;          % Número de pontos correspondente à profundidade
Prof=A(:,1);    % profundidade
coluna2=A(:,2); % m1A
coluna3=A(:,3); % m1C
coluna4=A(:,4); % m2B
coluna5=A(:,5); % m2D

```

% Operação Conectivos:
% 1ª Opção: Conectivos OR (MAXIMIZAÇÃO)

```

for i=1:1:N
    if A(i,2)> A(i,3)
        m1(i,1) = A(i,2);
    elseif A(i,2) < A(i,3)
        m1(i,1) = A(i,3);
    end

    if A(i,4)> A(i,5)

```

```

        m2(i,1) = A(i,4);
elseif A(i,4) < A(i,5)
        m2(i,1) = A(i,5);
end

end

% 2ª Opção: Conectivos AND (MINIMIZAÇÃO)

for i=1:1:N
    if A(i,2) < A(i,3)
        m3(i,1) = A(i,2);
    elseif A(i,2) > A(i,3)
        m3(i,1) = A(i,3);
    end
    if A(i,4) < A(i,5)
        m4(i,1) = A(i,4);
    elseif A(i,4) > A(i,5)
        m4(i,1) = A(i,5);
    end
end

end

% 1º Arquivo gerado pela lógica/conectivo OR

d1 = [Prof, m1, m2];
xlswrite('lito-OR.xls', d1);

% 2º Arquivo gerado pela lógica/conectivo AND

d2 = [Prof, m3, m4];
xlswrite('lito-AND.xls', d2);

% 2ª OPERAÇÃO : ALGORITMO LPA2v E PLOT PERFIL LITO-LÓGICO
% Escolha qual arquivo você quer analisar:
% 1) lito-OR.xls
% 2) lito-AND.xls

%B= xlsread ('lito-OR.xls');
B= xlsread ('lito-AND.xls');

Prof=B(:,1);
coluna2=B(:,2);
coluna3=B(:,3);

% Definição dos Graus de Certeza e Grau de Contradição

for i=1:1:N
    gc(i,1) = B(i,2)-B(i,3); % Grau de Certeza
    gct(i,1) = B(i,2) + B(i,3) - 1; % Grau de Contradição
end

end

% Definição dos valores de controle dos reticulados

c1= 0.5; % Vsc - Definição do valor superior de controle de certeza.
c2= -0.5; % Vlc - Definição do valor inferior de controle de certeza.

```

```
c3= 0.5; % Vscct - Definição do valor superior de controle de contradição.
c4= -0.5; % Vicct - Definição do valor inferior de controle de contradição.
```

```
%Determinação dos estados extremos e não extremos dos Reticulados
```

```
for i=1:1:N
    % Condições operacionais lógicas
    if gc(i,1) >= c1
        s1(i,:) = 'D';           % Verdadeiro
    elseif gc(i,1) <= c2
        s1(i,:) = 'A';           % Falso
    end

    if gct(i,1) >= c3
        s1(i,:) = 'B';           % Inconsistente
    elseif gct(i,1) <= c4
        s1(i,:) = 'C';           % Indeterminado
    end

    %Determinação dos estados não-extremos

    if ((0 <= gc(i,1)) & (gc(i,1) < c1) & (0 <= gct(i,1)) & (gct(i,1) < c3));
        if gc(i,1) >= gct(i,1);
            s1(i,:) = 'L';       %'Quase Verdadeiro tendendo ao Inconsistente'
        end
        if gc(i,1) < gct(i,1);
            s1(i,:) = 'H';       %'Inconsistente tendendo ao Verdadeiro'
        end
    end

    if ((0 <= gc(i,1)) & (gc(i,1) < c1) & (c4 < gct(i,1)) & (gct(i,1) <= 0));
        if gc(i,1) >= abs(gct(i,1));
            s1(i,:) = 'K';       %'Quase Verdadeiro tendendo ao Indeterminado'
        end
        if gc(i,1) < abs(gct(i,1));
            s1(i,:) = 'J';       %'Indeterminado tendendo ao Verdadeiro'
        end
    end

    if ((c2 < gc(i,1)) & (gc(i,1) <= 0) & (c4 < gct(i,1)) & (gct(i,1) <= 0));
        if abs(gc(i,1)) >= abs(gct(i,1));
            s1(i,:) = 'F';       %'Quase Falso tendendo ao Inconsistente'
        end
        if abs(gc(i,1)) < abs(gct(i,1));
            s1(i,:) = 'G';       %'Inconsistente tendendo ao Falso'
        end
    end

    if ((c2 < gc(i,1)) & (gc(i,1) <= 0) & (0 <= gct(i,1)) & (gct(i,1) < c3));
        if abs(gc(i,1)) >= gct(i,1);
            s1(i,:) = 'E';       %'Quase Falso tendendo ao Indeterminado'
        end
        if abs(gc(i,1)) < gct(i,1);
            s1(i,:) = 'I';       %'Indeterminado tendendo ao Falso'
            disp('Região I')
        end
    end
end
end
```

```

% 1º Plot: Quadrado Unitário do Plano Cartesiano (QUPC)

figure (1)
title('QUADRADO UNITÁRIO DO PLANO CARTESIANO (QUPC)- LPA2v')
xlabel('μ1 - Grau de Crença')
ylabel('μ2 - Grau de Descrença')

plot (B(:,2),B(:,3), 'r. ');
hold on
plot([0.0,0.0],[1.0, 0.0], '-r')
hold on
plot([1.0,0.0],[1.0,1.0], '-r')
hold on
plot([1.0,1.0],[1.0,0.0], '-r')
hold on
plot([1.0,0.0],[0.0,0.], '-r')
hold on
plot([1.0,0.0],[0.5, 0.5], '-k', 'LineWidth',2)
hold on
plot([0.5,0.5],[1.0,0.0], '-k', 'LineWidth',2)
hold on
plot([0.5,1.0],[1.0,0.5], '-k', 'LineWidth',2)
hold on
plot([0.5,0.0],[1.0,0.5], '-k', 'LineWidth',2)
hold on
plot([0.5,0.0],[0.0,0.5], '-k', 'LineWidth',2)
hold on
plot([0.5,1.0],[0.5,0.5], '-k', 'LineWidth',2)
hold on
plot([0.5,0.5],[0.5,0.0], '-k', 'LineWidth',2)
hold on
plot([0.5,0.25],[0.5,0.75], '-k', 'LineWidth',2)
hold on
plot([0.5,0.25],[0.5,0.25], '-k', 'LineWidth',2)
hold on
plot([0.5,0.75],[0.5,0.75], '-k', 'LineWidth',2)
hold on
plot([0.5,0.75],[0.5,0.25], '-k', 'LineWidth',2)
hold on
plot([0.5,1.0],[0.0,0.5], '-k', 'LineWidth',2)
hold on
grid on

% 2º Plot: RETICULADO DO GRAU DE CERTEZA E CONTRADIÇÃO

figure(2)
title('RETICULADO - GRAU DE CERTEZA E CONTRADIÇÃO - LPA2v')
xlabel('Gc- Grau de Certeza')
ylabel('Gct- Grau de Contradição')

plot(gc, gct, 'b.')
hold on
plot([-1.0,-1.0],[1.0, -1.0], '-k')
hold on
plot([-1.0,1.0],[-1.0,-1.0], '-k')
hold on
plot([1.0,1.0],[-1.0,1.0], '-k')
hold on
plot([-1.0,1.0],[1.0,1.0], '-k')
hold on

```

```

plot([-0.5, 0.0], [0.5 0.0], '-k','LineWidth',2)
hold on
plot([0.0, 0.0], [0.5 -0.5], '-k','LineWidth',2)
hold on
plot([0.5, 0.0], [0.5 0.0], '-k','LineWidth',2)
hold on
plot([0.5, 0.0], [0.0 0.0], '-k','LineWidth',2)
hold on
plot([0.5, 0.0], [-0.5 0.0], '-k','LineWidth',2)
hold on
plot([0.0, 0.0], [-0.5 0.0], '-k','LineWidth',2)
hold on
plot([-0.5, 0.0], [-0.5 0.0], '-k','LineWidth',2)
hold on
plot([-0.5, 0.0], [0.0 0.0], '-k','LineWidth',2)
hold on
plot([-0.5, 0.5], [0.5 0.5], '-k','LineWidth',2)
hold on
plot([-0.5, -0.5], [0.5 -0.5], '-k','LineWidth',2)
hold on
plot([-0.5, 0.5], [-0.5 -0.5], '-k','LineWidth',2)
hold on
plot([0.5, 0.5], [0.5 -0.5], '-k','LineWidth',2)
hold on
plot([-1.0, -0.5], [0.0 0.0], '-k','LineWidth',2)
hold on
plot([0.0, 0.0], [1.0 0.5], '-k','LineWidth',2)
hold on
plot([1.0, 0.5], [0.0 0.0], '-k','LineWidth',2)
hold on
plot([0.0, 0.0], [-0.5 -1.0], '-k','LineWidth',2)
hold on
grid on

d3 =[Prof,gc,gct];
xlswrite('Grau de Certeza e Grau de Contradição.xls',d3);
xlswrite('Estados Lógicos_QUPC.xls', s1)

```

MÓDULO 6- Perfil Gráfico Probabilístico.

```

% PERFIL PROBABILÍSTICO:
% Abrir o arquivo com as proposições (prof m1A m2B) e (prof m1C m2D)

A= xlsread ('lito-AND.xls');
N=2199;           % Número de pontos correspondente à profundidade
DTH=A(:,1);      % profundidade
Gc=A(:,2);       % m1A
Gct=A(:,3);      % m1B

W=0.5;
N=length(DTH);
Cor=ones(N,3);

for i=1:N
a=Gc(i);
b=Gct(i);

```

```

%evita parâmetro bilateral
if (a==b)
    a;
    b;
    b=b+0,0001;
end

%Detemina a região do ponto no diagrama de Hasse

if ((a >= 0)&((a-b) <= -1/2)& (b <= 1))
disp('Região A')
C=[146 208 80];

elseif((a <= 1)&((a+b) >= 3/2)& ( b <= 1))
disp('Região B')
C=[255 192 0];

elseif((a <= 1)&((a-b) >= 1/2)&(b >= 0))
disp('Região C')
C=[99 37 35];

elseif((a >= 0)&((a+b)<= 1/2)&(b >= 0))
disp('Região D')
C=[49 133 156];

elseif((b < 1/2)&((a+b) > 1/2)&((a-b) <= 0))
disp('Região E')
C=[185 205 229];

elseif ((a <= 1/2)&((a+b) > 1/2)&((a-b) > 0))
disp('Região F')
C=[142 180 227];

elseif((a > 1/2)&((a-b) < 1/2)&((a+b)<= 1))
disp('Região G')
C=[217 150 148];

elseif((b <= 1/2)&((a+b) > 1)&((a-b) < 1/2))
disp('Região H')
C=[203 109 107];
elseif((b > 0)&((a+b) < 3/2)&((a-b)>= 0))
disp('Região I')
C=[255 242 201];

elseif((a > 1/2)&((a+b) < 3/2)&((a-b) < 0))
disp('Região J')
C=[255 227 139];

elseif((a <= 1)&((a+b) > -1/2)&((a+b) > 1))
disp('Região K')
C=[205 221 173];

elseif((b >= 1/2)&((a+b) <= 1)&((a-b) > -1/2))
    disp('Região L')
    C=[167 196 110];
%
else
disp('Fora de escala')

```

```
a;
b;
C=[ 255 255 255];
end
Cor(i,:)=C/255;
end

% Plota o perfil

X=[2 3 3 2];
%w=round(W/2);
w=W/2;

figure(3);
title('PERFIL DE POSSIBILIDADES LITOLÓGICAS - LPA2v');
xlabel('Variação lateral');
ylabel('Profundidade (m)');

clf
hold on
for j=1:N

    z1=-(DTH(j)-w);
    z2=-(DTH(j)+w);
    Z=[ z1 z1 z2 z2];
    fill(X,Z,Cor(j,:))

end
hold off
```