

ENGEZER

SOLUÇÕES EM ANÁLISE DE

GASES

Análise de Umidade em Processos Industriais

Tecnologias Normalizadas – Principais características

Apresentado por: Josie Pereira



TÓPICOS

- Histórico Engezer
- Histórico Michell Instruments
- Definição: O que é dew point?
- Normas existentes
- Porque é importante medir o teor de umidade?
- Princípio de funcionamento de cada método definido na D5454-04
- Principais características de cada tecnologia
- Equipamentos que operam de acordo com as normas

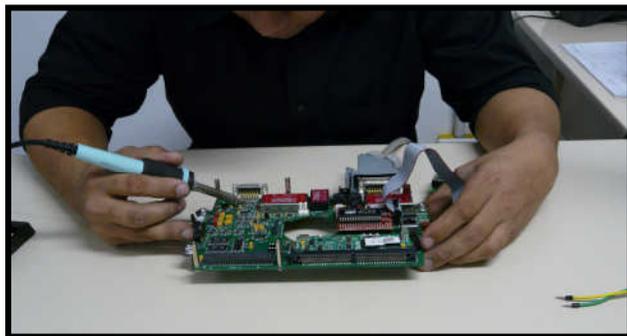
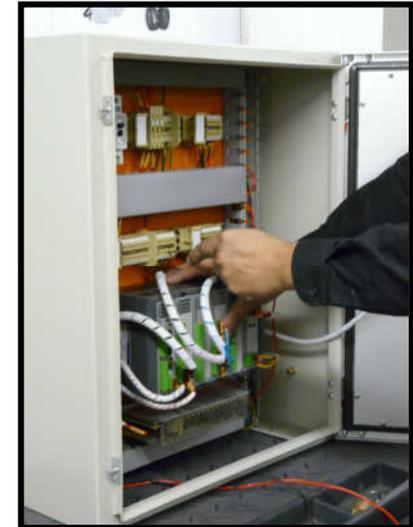
Histórico da Michell Instruments

Especialistas em análise de umidade



Histórico Engezer

- Mais de **15 anos desenvolvendo soluções em análise de gases**
- Sede – Rio de Janeiro com mais de 1200m² onde alguns dos setores são:
 - ✓ Engenharia;
 - ✓ Comercial;
 - ✓ Assistência Técnica;
 - ✓ Laboratório;
- Seguimento de análise, detecção e medição de gases industriais
- Representantes em 18 estados, cobrindo todo o território nacional.



Histórico Michell

- **1974** Fundada por Andrew Michell
- **1984** O analisador de superfície resfriada fabricado pela Michell passa a fazer parte do padrão Britânico de umidade
- **1986** Laboratório de calibração de umidade é o primeiro no mundo a ser acreditado UKAS (United Kingdom Accreditation Service)
- **1987** Analisador de dew point do hidrocarboneto-superfície resfriada é lançado;



36 anos de experiência

Especialistas em análise de umidade



DEFINIÇÃO:

O que é ponto de orvalho?

DEW POINT

Ponto de orvalho / dew point: temperatura na qual a água presente no ar ambiente ou composição gasosa começa a condensar, a uma pressão constante.

Fenômeno diário



NORMATIZAÇÃO



NORMAS

- ISO 18453 (Trata da correlação entre o ponto de orvalho da água e a quantidade de água presente no gás natural)
- ISO 6327 (Trata do método primário de calibração utilizando princípio de medição de espelhos resfriados)
- **ASTM D5454-04 (Trata dos métodos disponíveis para medição eletrônica de umidade no gás natural)**
- ANP N° 16 (define os parâmetros de transmissão do gás)

Natural gas – Correlação entre o ponto de orvalho da água e a quantidade de água no gás - ISO18453

5.2 Input and output

5.2.1 Input

The input parameters for the water content/water dew point correlation are:

- dry gas composition (mol %),
- absolute pressure (bar),
- water content (mg/m^3) or water dew point ($^{\circ}\text{C}$).

5.2.2 Output

The correlation calculates either the water dew point ($^{\circ}\text{C}$) or the water content (mg/m^3).

Table C.1 — Example of water dew point calculation with different gas compositions

Dry gas composition	$p(\text{absolute}) = 2 \text{ MPa}$ $T (^{\circ}\text{C})$	$p(\text{absolute}) = 5 \text{ MPa}$ $T (^{\circ}\text{C})$	$p(\text{absolute}) = 8 \text{ MPa}$ $T (^{\circ}\text{C})$
90 % methane, 8 % ethane, 2 % propane	-16,3	-6,7	-2,0
80 % methane, 13 % ethane, 4 % propane, 3 % carbon dioxide	-16,3	-6,8	-2,2
75 % methane, 16 % ethane, 4,5 % propane, 4,5 % carbon dioxide	-16,4	-6,9	-2,2
70 % methane, 20 % ethane, 4,5 % propane, 5,5 % carbon dioxide	-16,4	-6,9	-2,1

Table A.1 — Variables for Equation (A.28)

Equation of state	Abbreviated term	θ	δ	ε	η
Van der Waals (1873) [18]	VDW	a	0	0	b
Soave-Redlich-Kwong (1972) [19]	SRK	$a(T)$	b	0	b
Peng-Robinson (1976) [20]	PR	$a(T)$	$2b$	$-b^2$	b
Patel-Teja (1982) [17][21]	PT	$a(T)$	$b+c$	$-cb$	b

Exemplo de tabela de correlação direta

RH %	TEMPERATURA AMBIENTE								
	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
90%	-1.3	3.5	8.2	1.3	18.3	23.2	28.0	33.0	38.2
85%	-2.0	2.6	7.3	12.5	17.4	22.1	27.0	32.0	37.1
80%	-2.8	1.9	6.5	11.6	16.5	21.0	25.9	31.0	36.2
75%	-3.6	0.9	5.6	10.4	15.4	19.9	24.7	29.6	35.0
70%	-4.5	-0.2	4.5	9.1	14.2	18.6	23.3	28.1	33.5
65%	-5.4	-1.0	3.3	8.0	13.0	17.4	22.0	26.8	32.0
60%	-6.5	-2.1	2.3	6.7	11.9	16.2	20.6	25.3	30.5
55%	-7.4	-3.2	1.0	5.6	10.4	14.8	19.1	23.9	28.9
50%	-8.4	-4.4	-0.3	4.1	8.69	13.3	17.5	22.2	27.1
45%	-9.6	-5.7	-1.5	2.6	7.0	11.7	16.0	20.2	25.2
40%	-10.8	-7.3	-3.1	0.9	5.4	9.5	14.0	18.2	23.0
35%	-12.1	-8.6	-4.7	-0.8	3.4	7.4	12.0	16.1	20.6
30%	-14.3	-10.2	-6.9	-2.9	1.3	5.2	9.2	13.7	18.0

1 atm

Exemplo de calculadora

Michell Humidity Calculator - [Relative Humidity]
 Calculator Humidity Data Window About Print Options

Input Values @ Atmospheric

DP

TEMP

°C °F

%RH

Pressure
 Value Units
 14.7 psia

@ Atmospheric
 @ Pressure

Calculated Values @ Pressure

Over Water		Over Ice	
DP	<input type="text"/>	FP	<input type="text"/>
TEMP	<input type="text"/>	TEMP	<input type="text"/>
%RH	<input type="text"/>	%RH	<input type="text"/>
PPM(V)	<input type="text"/>	PPM(V)	<input type="text"/>
WVP	<input type="text"/>	WVP	<input type="text"/>
SWVP	<input type="text"/>	SWVP	<input type="text"/>

Calculate to another Pressure: psia

Use water vapour pressure enhancement factor

Michell Humidity Calculator - [Natural Gas]
 Calculator Humidity Data Window About Print Options

Input Values

DP

°C °F

Lbmmscf

Pressure
 Value Unit
 0 psig

Calculated Values

DP

Lbmmscf

ppm(mol)

mg/M³

Michell Humidity Calculator - [Moisture Content]
 Calculator Humidity Data Window About Print Options

Input Values @ Atmospheric

DP

°C °F

PPM(V)

PPM(W)

Molecular Weights
 Air C Dioxide
 Hydrogen Nat Gas
 Nitrogen User

User Input

Pressure
 Value Units
 14.7 psia

@ Atmospheric
 @ Pressure

Calculated Values @ Pressure

Over Water		Over Ice	
DP	<input type="text"/>	DP	<input type="text"/>
PPM(V)	<input type="text"/>	PPM(V)	<input type="text"/>
PPM(W)	<input type="text"/>	PPM(W)	<input type="text"/>
Mixing Ratio	<input type="text"/>	Mixing Ratio	<input type="text"/>
Specific Humidity	<input type="text"/>	Specific Humidity	<input type="text"/>

Use water vapour pressure enhancement factor

Michell Humidity Calculator - [Psychrometer]
 Calculator Humidity Data Window About Print Options

Temperature
 Wet Bulb

Dry Bulb

°C °F

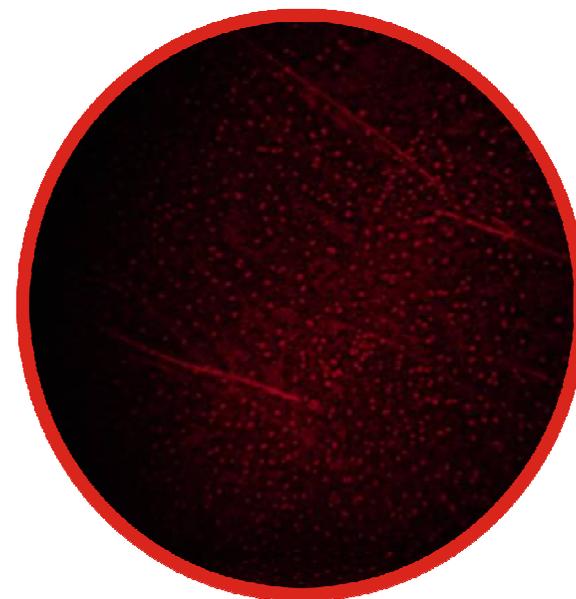
Coefficient
 for Assmann ventilated
 User: × 10⁻⁴

Pressure
 Value Units
 14.7 psia

%rh

Análise do gás – Determinação do ponto de orvalho da água no gás natural – Higrômetros de superfície resfriada – ISO 6327

- Descreve o método padrão utilizado para determinar umidade no gás natural.
- Método > Superfície resfriada;
- Determina > Ponto de orvalho da água (Dew point da água)



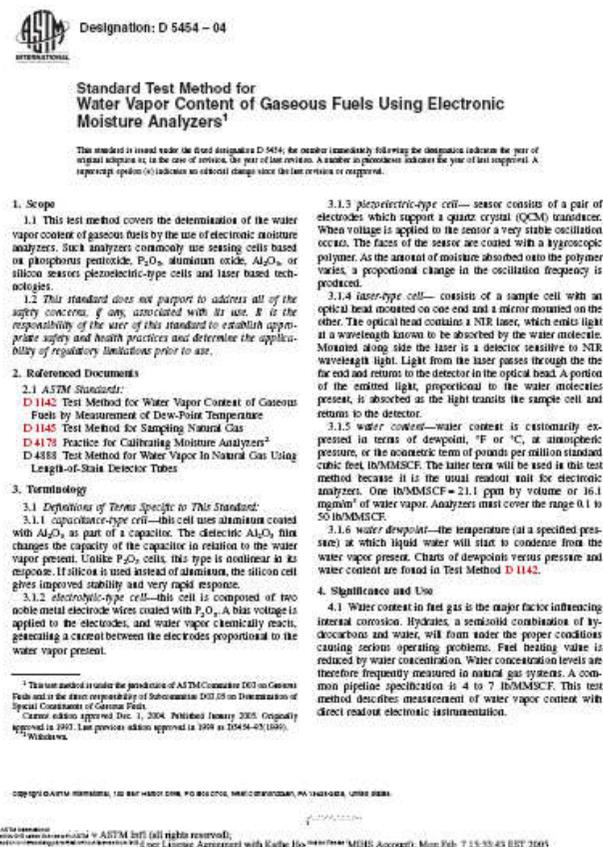
Water Vapor Content of Gaseous Fuels Using Electronic Moisture Analyzers – ASTM D5454–04

•3.1.1 Capacitância - AL₂O₃

•3.1.2 Eletrolítico –P2O₅

•3.1.3 Piezo elétrico –Cristal de quartzo (QCM)

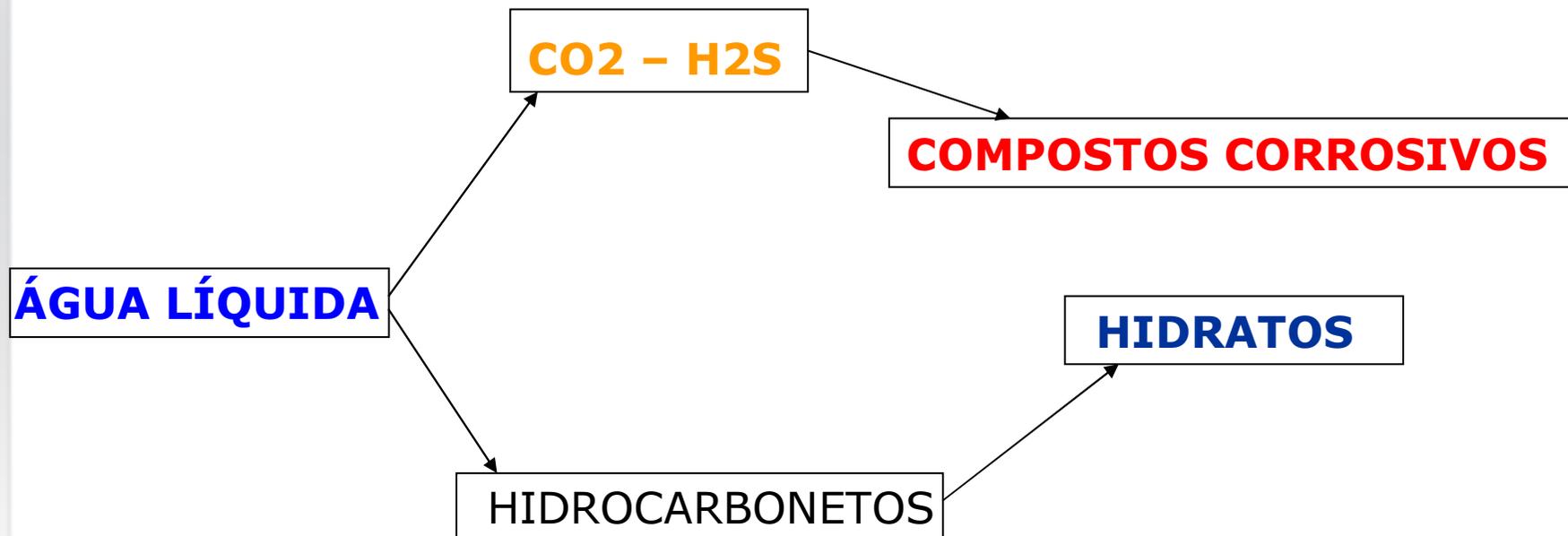
•3.1.4 laser –NIR



RESOLUÇÃO ANP Nº 16, DE 17.6.2008 - DOU 18.6.2008

4.8 Ponto de Orvalho

"O requerimento de segurança mais importante do gás natural quando comprimido é a temperatura no ponto de orvalho para evitar formação de água líquida."



Formações de Hidrato

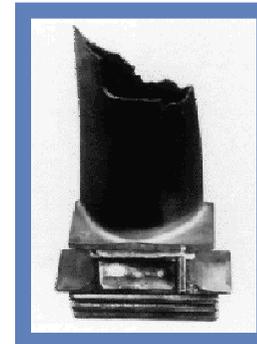
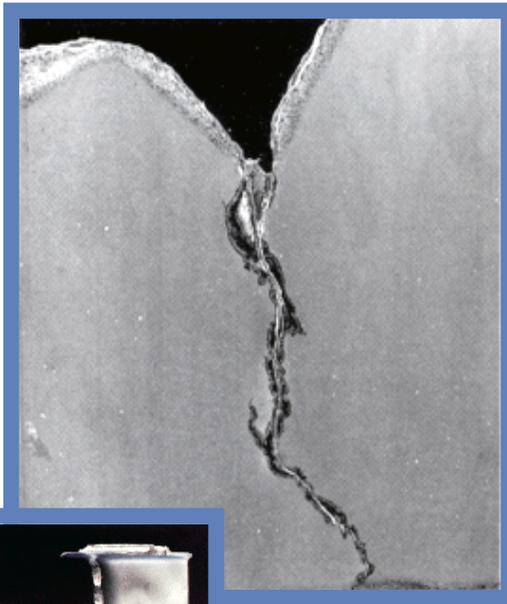
HIDROCARBONETO + ÁGUA + BAIXA TEMPERATURA = HIDRATO



A large gas hydrate plug formed in a subsea hydrocarbon pipeline.
Picture from Petrobras (Brazil)



Danos no Compressor



Evento em Natal - ABNT



Comitê Brasileiro de Gases Combustíveis

Associação Brasileira de
Normas Técnicas - ABNT

***53º Seminário Técnico e Exposição
Natal - 14 e 15/04/2010***



IMPORTÂNCIA DA MEDIÇÃO DO TEOR DE UMIDADE



Questões Técnicas

- Medições de ponto de orvalho de hidrocarboneto e de água são importantes, tendo em vista:
 - Prevenir hidratos e condensados: formações sólidas cristalinas e líquidas que limitam a capacidade da tubulação e danificam compressores e válvulas.
 - Limitar a corrosão na tubulação: excesso de água leva a vazamentos e fissuras.
 - Alcançar requisitos de superaquecimento: especificações de Gás Combustível para usinas de turbina a gás.

Questões Comerciais

- Atendimento aos parâmetros de qualidade do gás, especificados nos contratos de venda.
- Evitar danos aos equipamentos de análise e medição em geral, por contaminação;
- Atendimento as especificações típicas de transmissão de gás: ANP 16

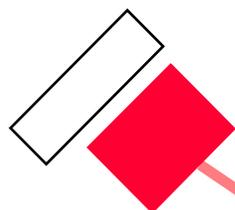
CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE (2) (3)			NBR	MÉTODO	
		Norte	Nordeste	Centro-Oeste, Sudeste e Sul		ASTM D	ISO
Ponto de orvalho de água a 1atm, máx. (9)	°C	-39	-39	-45	--	5454	6327
Ponto de orvalho de hidrocarbonetos a 4,5 MPa, máx. (10)	°C	15	15	0	--	--	6570

TECNOLOGIAS

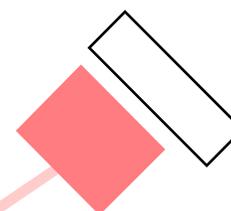


Princípio de medição – Espelho Resfriado

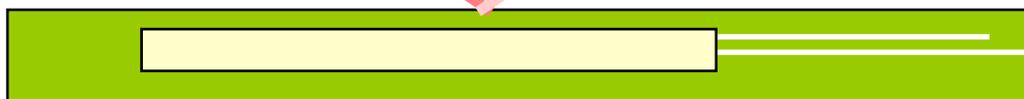
Fonte de luz (LED)



Fotodetector



Espelho



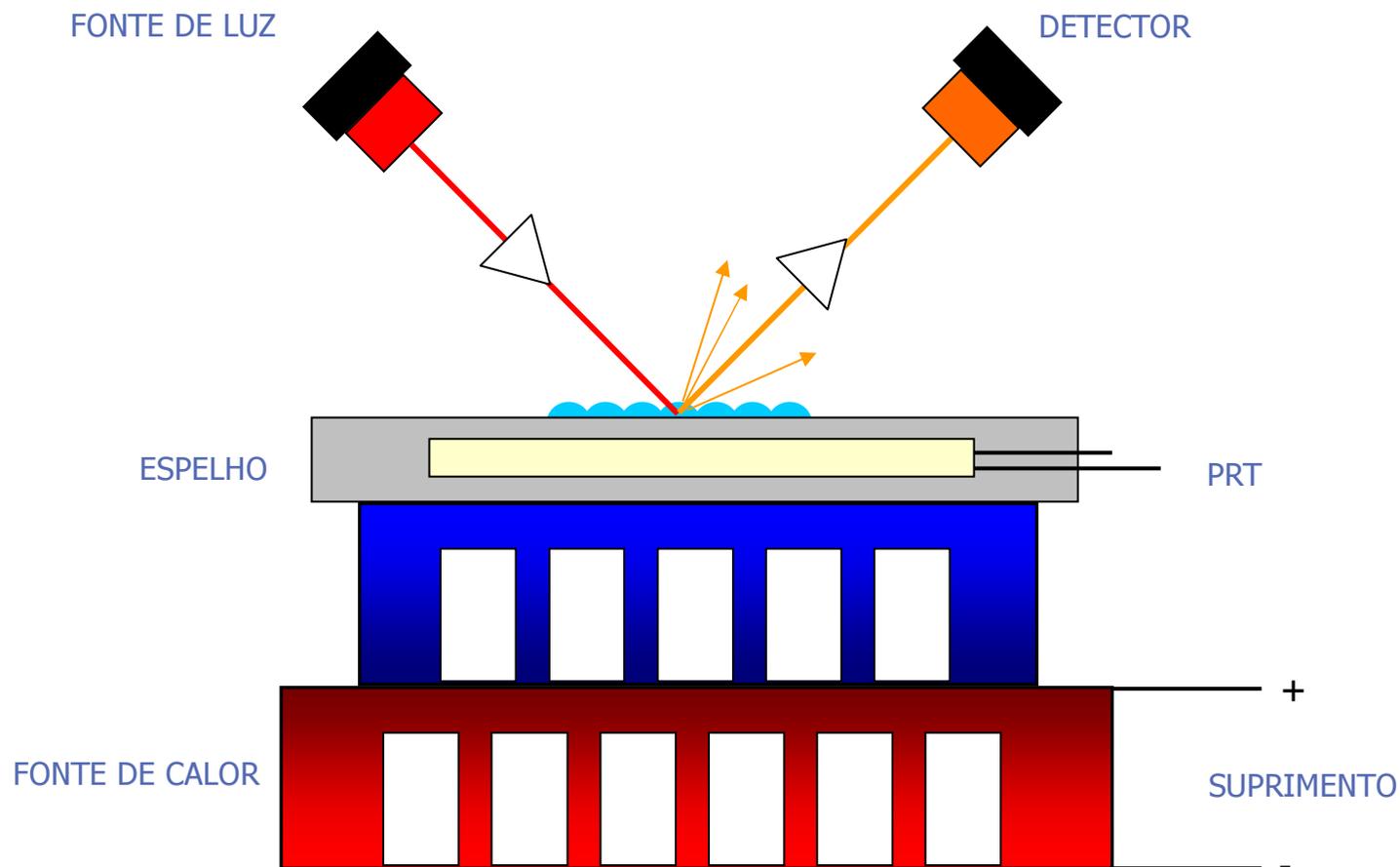
Medidor de temperatura

+

- Peltier
Alimentação

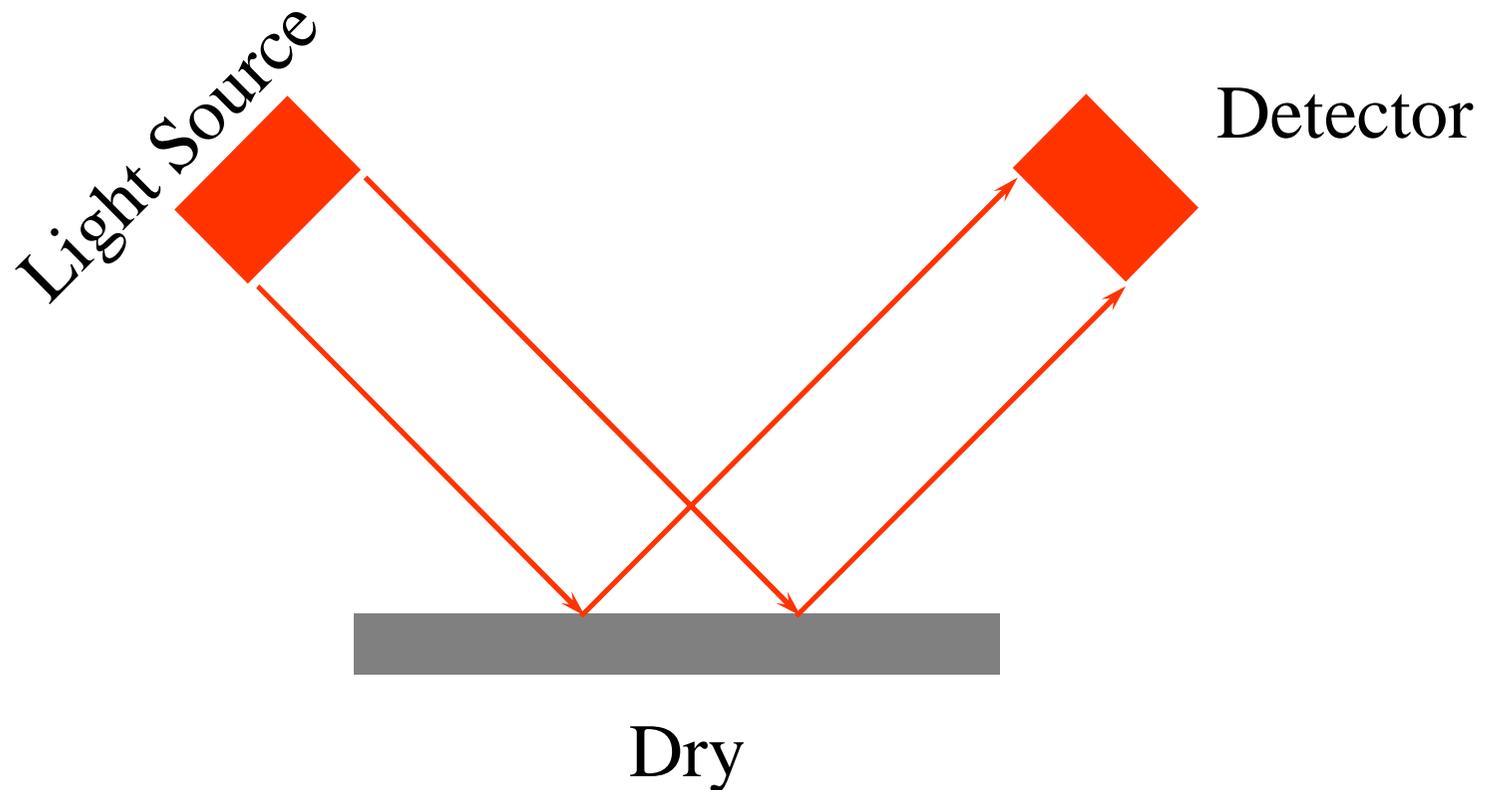
Fonte de calor –
Termoelétrico de Peltier
2 Stage Heat Pump

Espelho Refrigerado - Partes Componentes básicas



Sequência de desenvolvimento

Princípio de Detecção



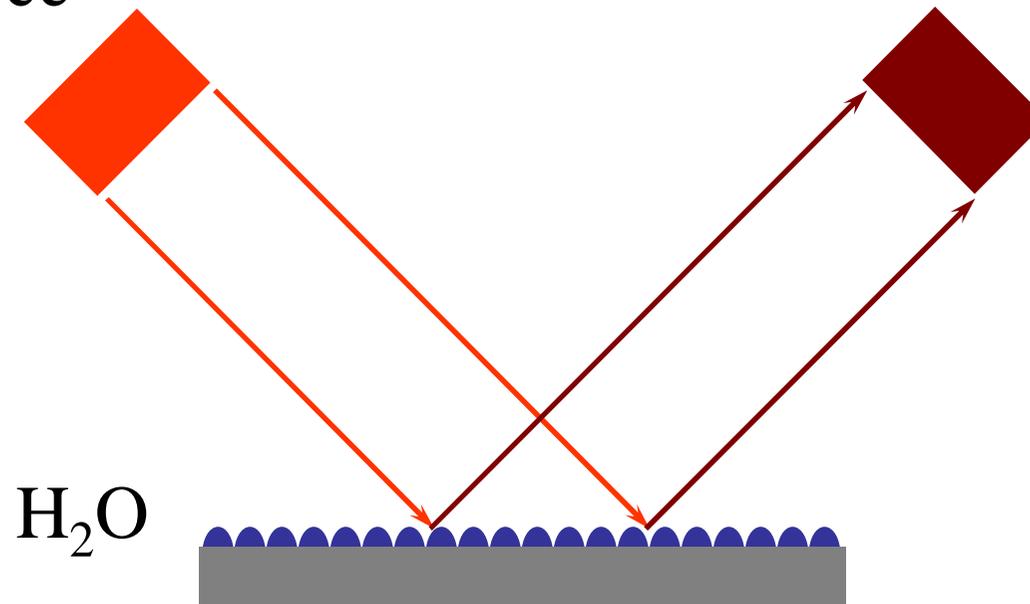
ESPELHO RESFRIADO

Sequência de Desenvolvimento

Princípio de Detecção

Light Source

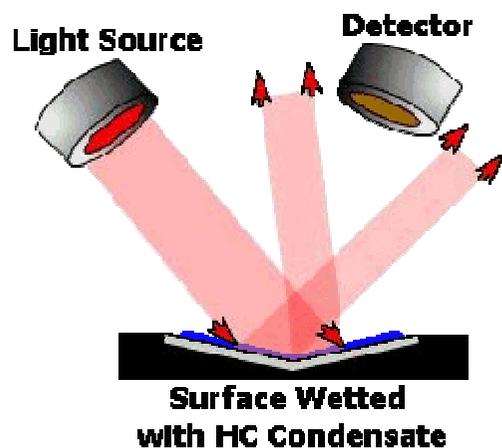
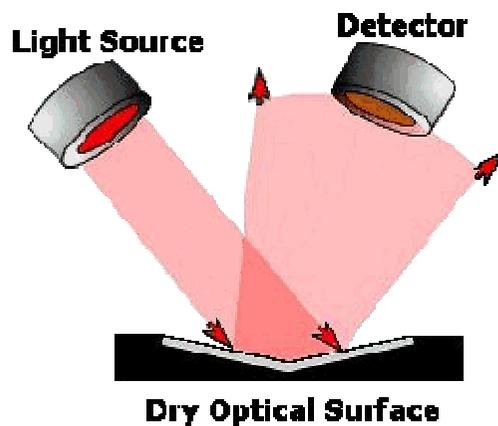
Detector



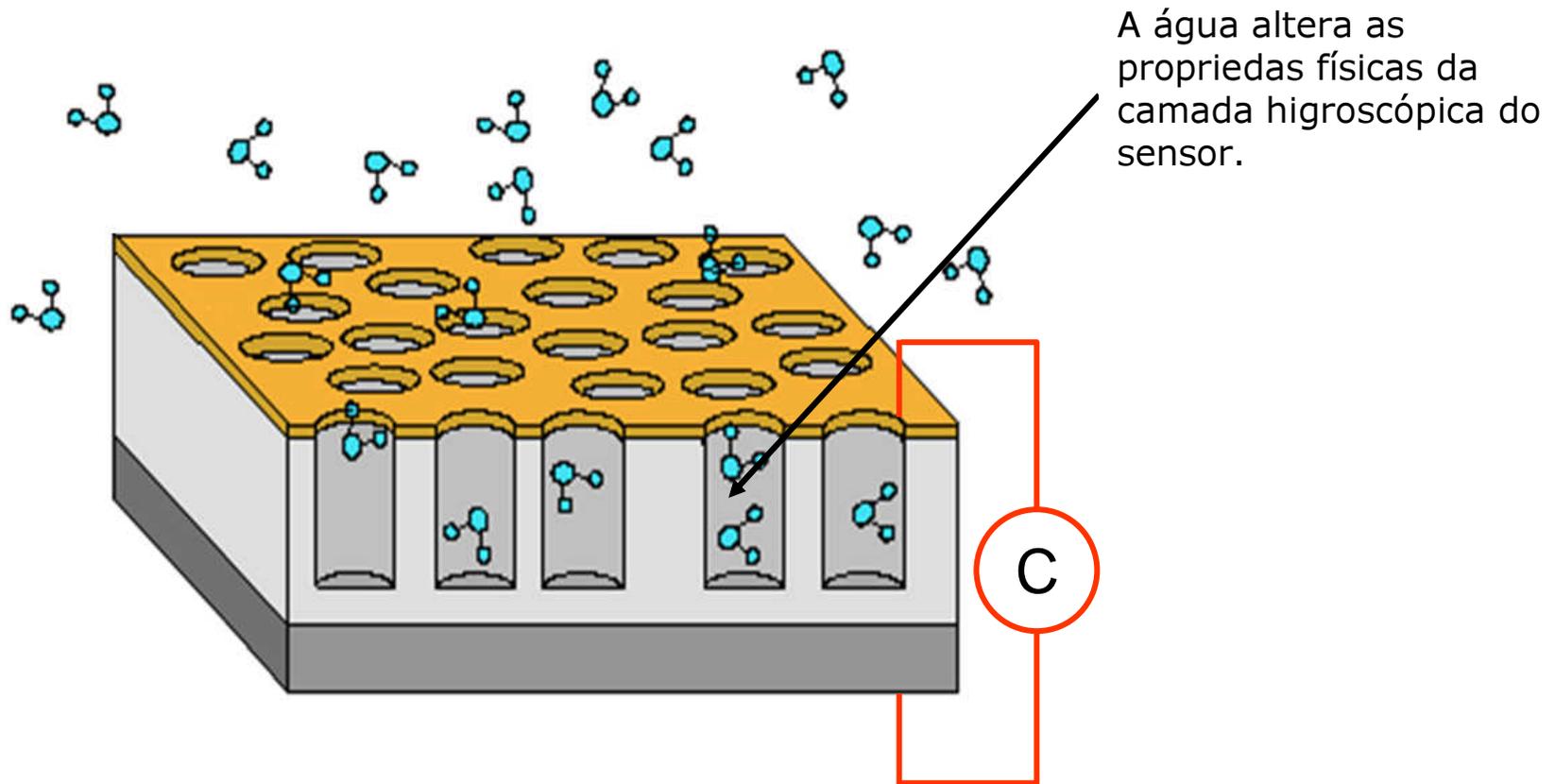
ESPELHO RESFRIADO

Princípio de medição – Superfície Resfriada

Tecnologia: DarkSpot – Dew point do Hidrocarboneto



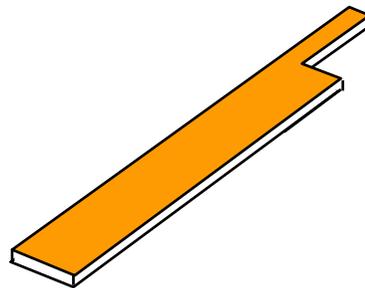
Princípio de Medição: Impedância/Capacitância



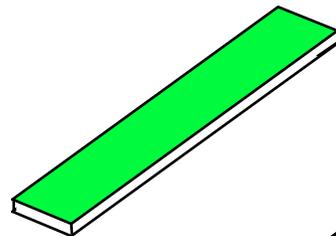
As mudanças na constante dielétrica(ϵ_k) do filme, geradas pela água, provoca uma mudança na capacitância;

Construção da célula – Óxido de Alumínio

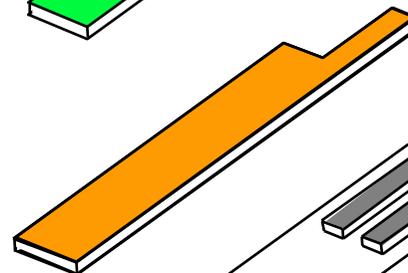
**Camada Condutiva
Porosa**



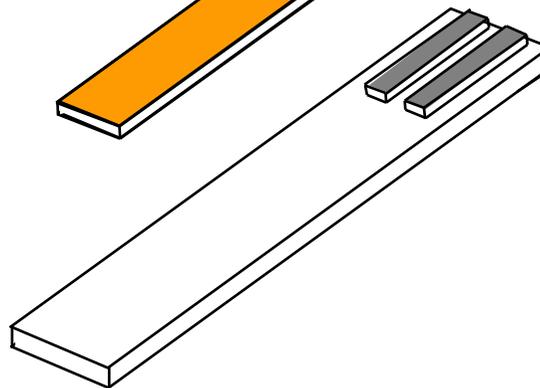
**Camada
Higroscópica Ativa**



Camada Condutiva



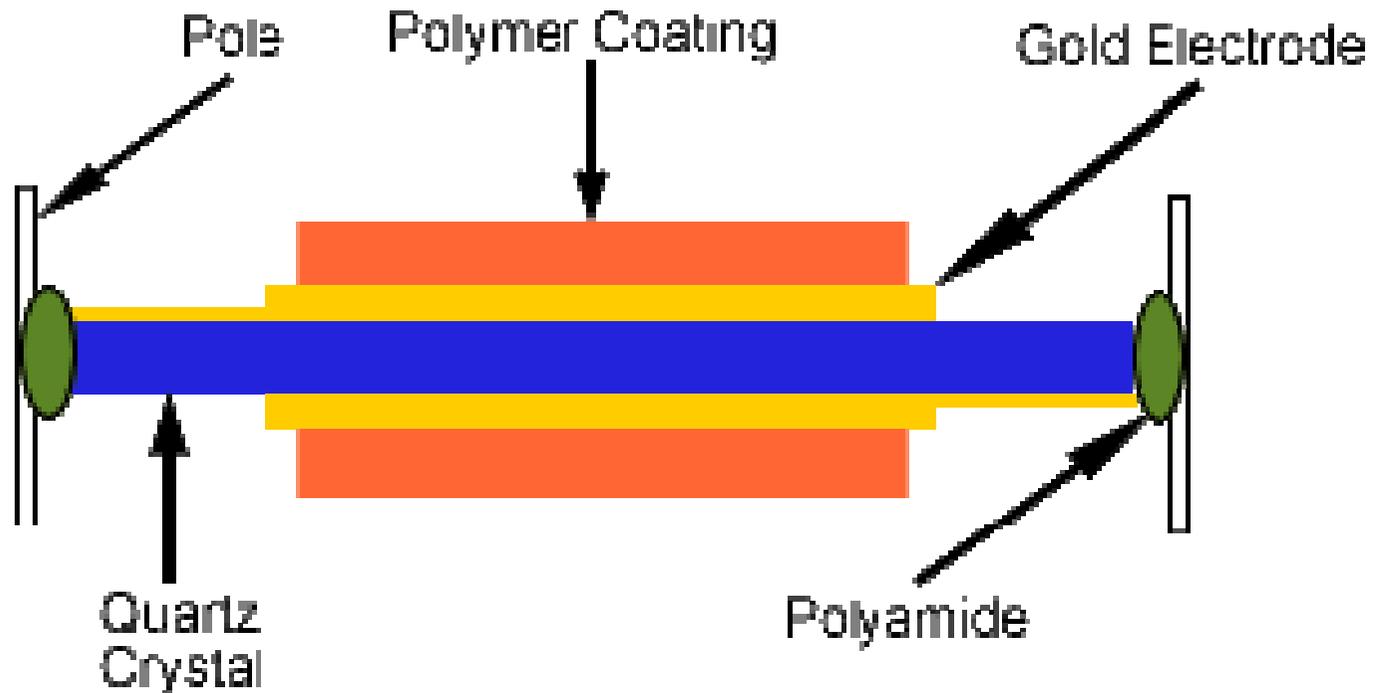
Substrato Cerâmico



Construção do Sensor Cerâmico de Umidade

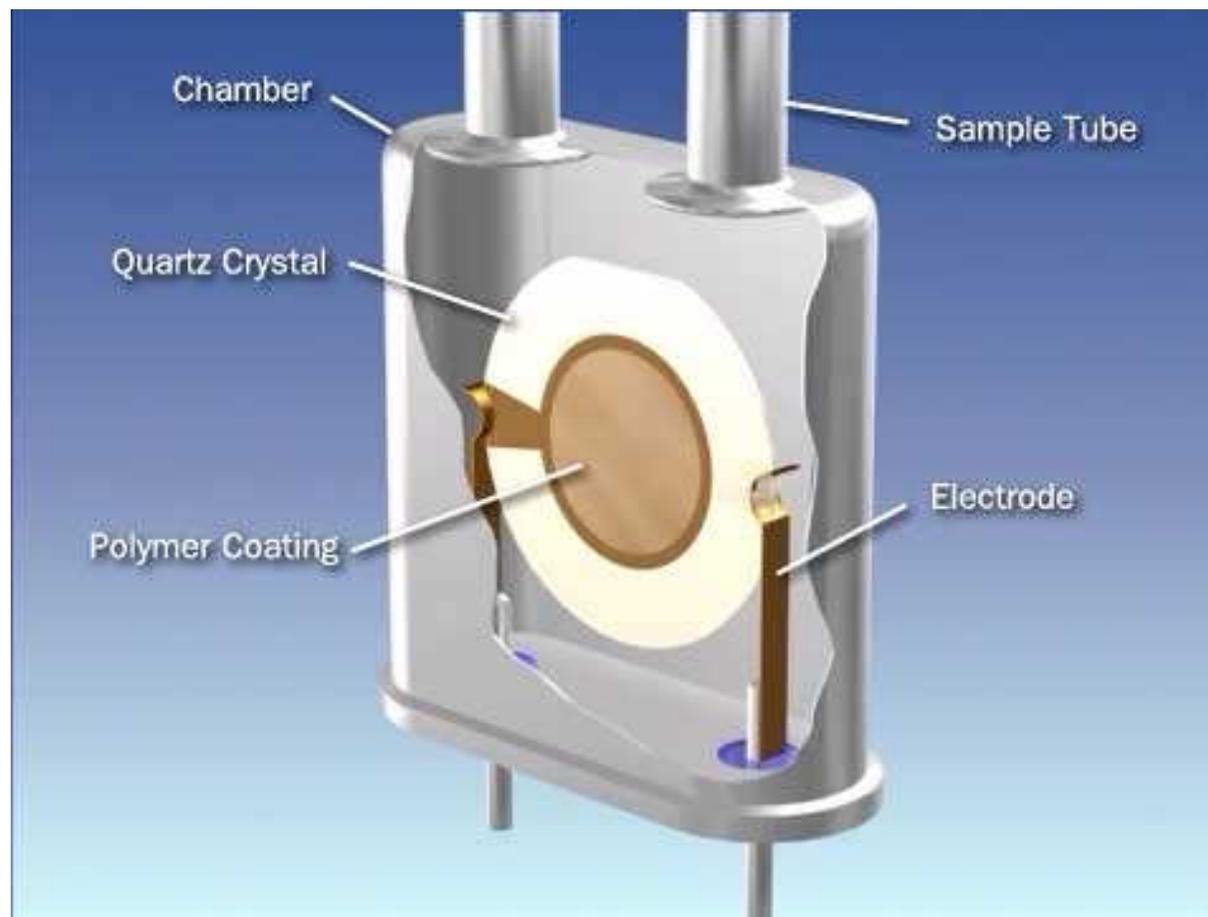


Princípio de Funcionamento: Cristal de Quartzo

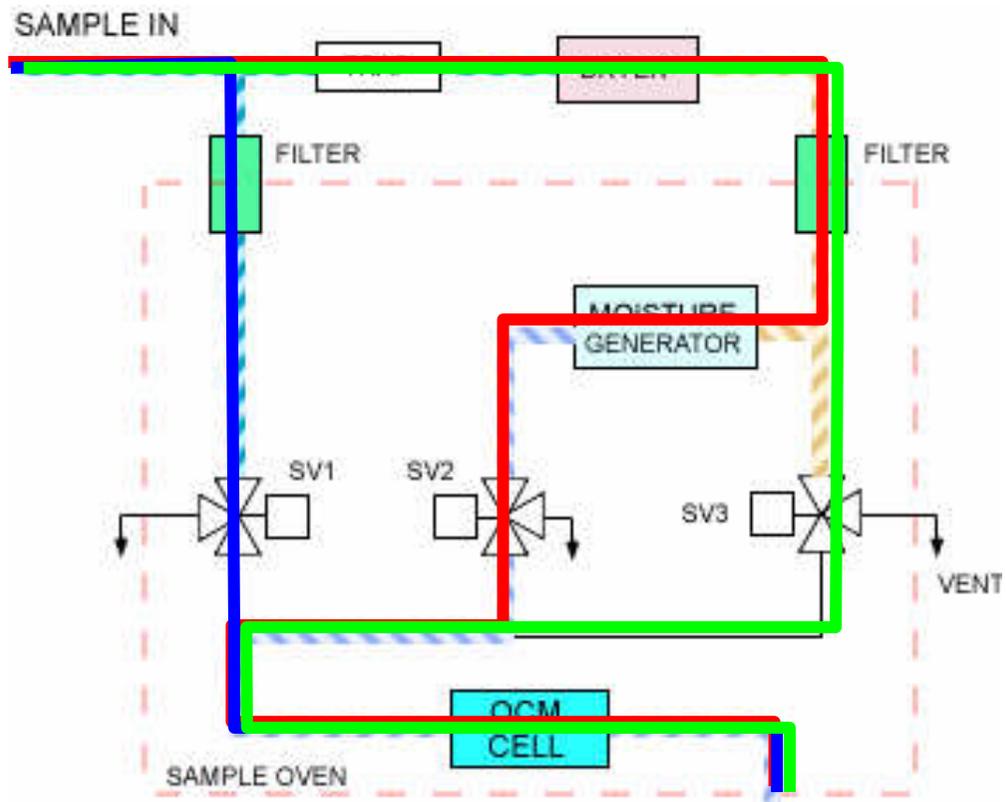


“Como a quantidade de *água absorvida* pelo polímero varia, uma mudança proporcional da *freqüência de oscilação* é produzida.”

Construção da Célula: Cristal de Quartzo

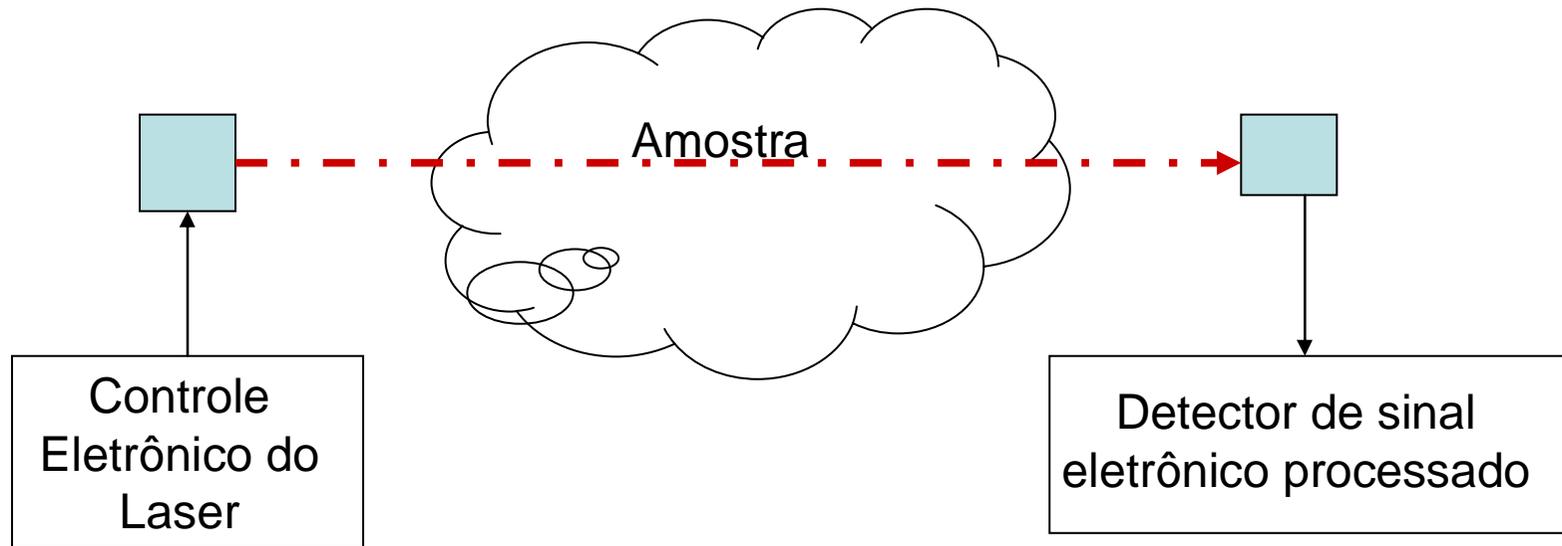


Ciclo de Medição



Reference
Gas Cycle

Princípio de Medição – Absorção Espectroscópica Laser



Concentração de H₂O é igual a:

(Quantidade de luz absorvida(energia) pela célula de amostragem)

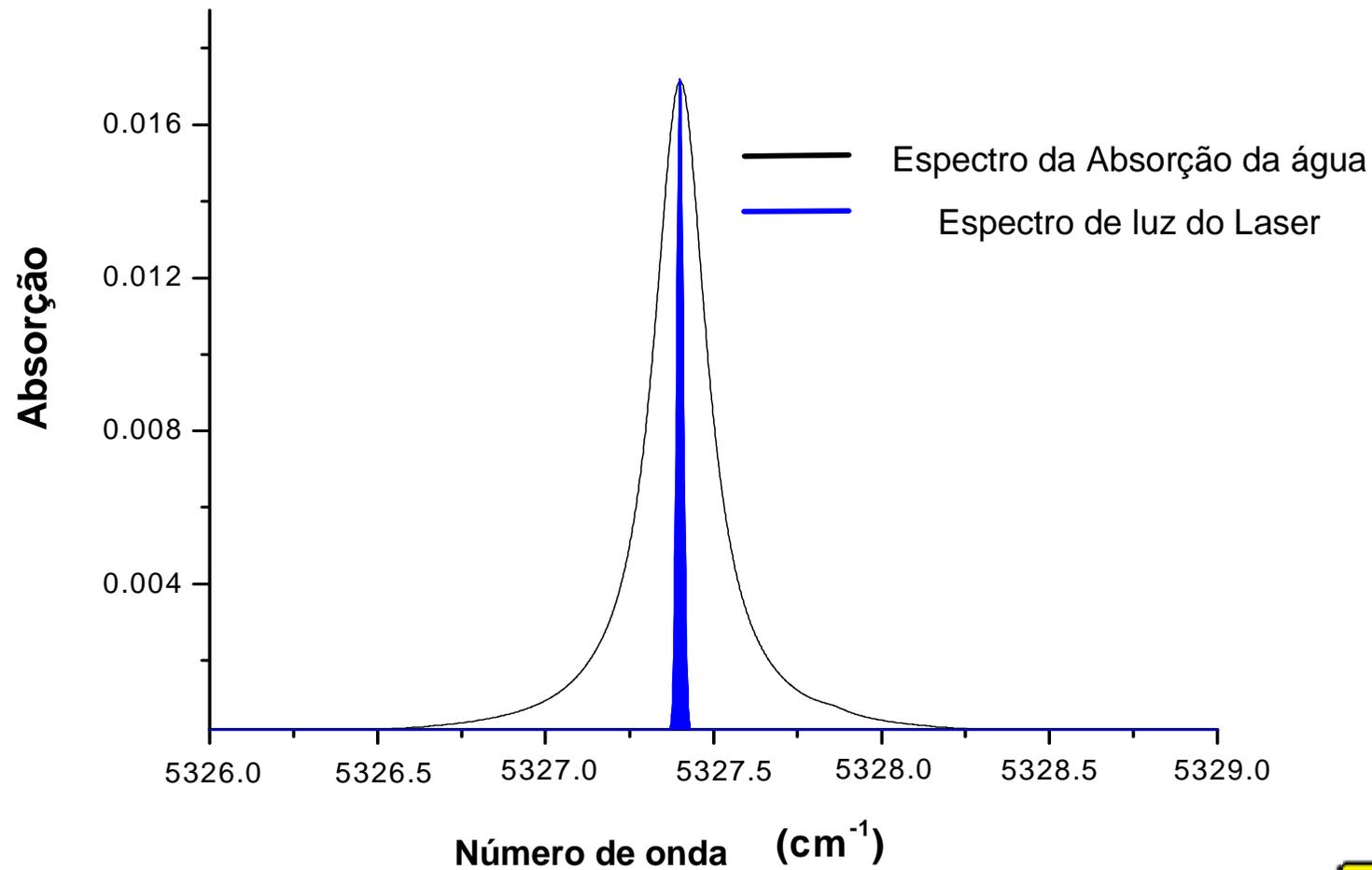
(Coeficiente de Absorção do gênero (H₂O)) x (Caminho percorrido)

Lei de Beer - Lambert

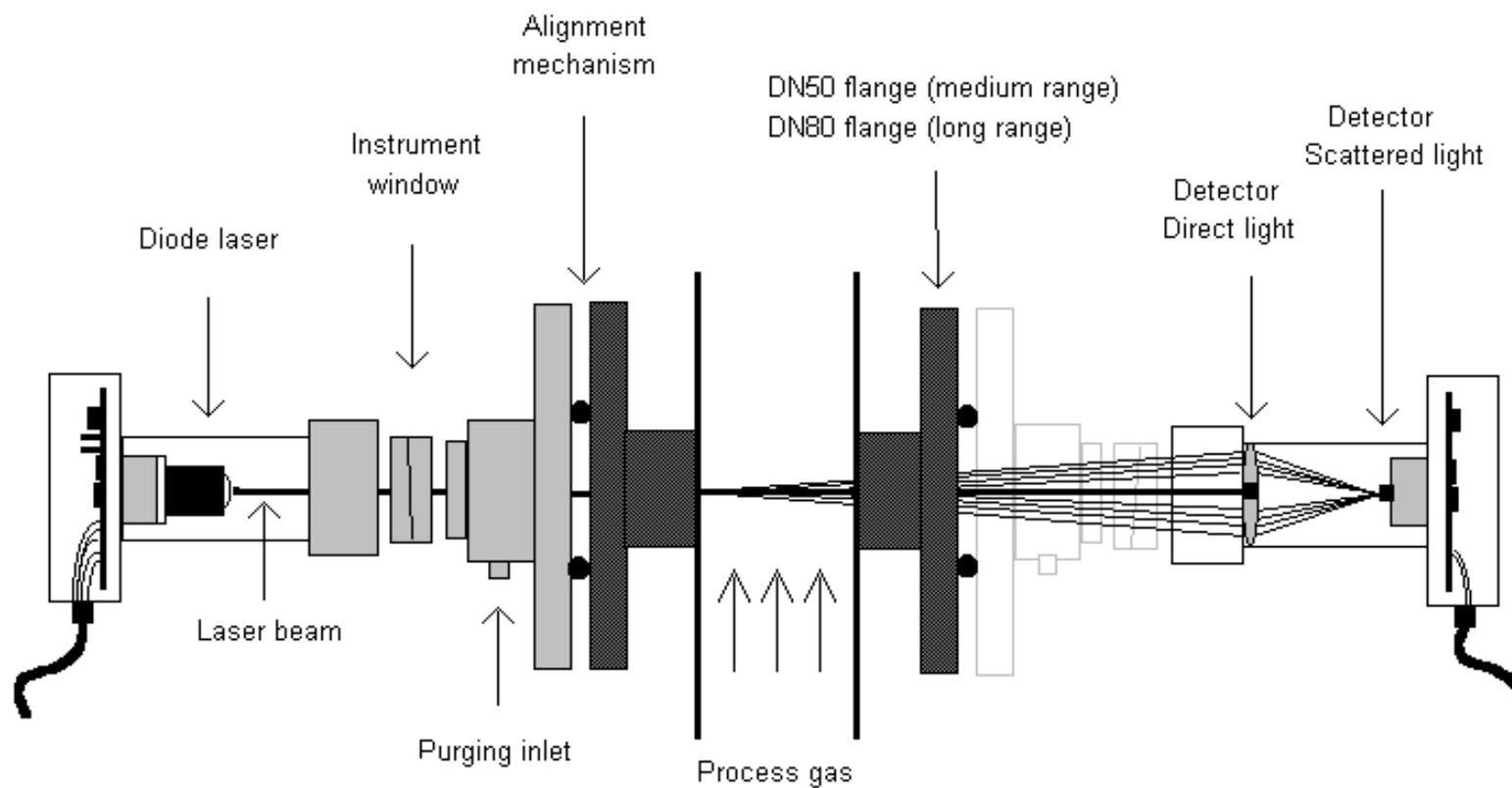
$$\rho = -\ln(T) / k(\nu) * L$$

A Largura da linha do TDL

A largura da linha do TDL comparada com a linha de absorção da água



Construção do Sensor: Laser



TECNOLOGIAS

Vantagens e desvantagens



Principais Características

	Célula Eletrolítica- (P2O5)	Thin Film Oxide- (Al2O3)	Cerâmico- Impedância	Cristal de Quartzo- (QCM)	Espelho resfriado- Superfície Resfriada	Near infrared (laser diode)- TDLS
Acurácia em ppm	+/- 1% fsd	+/- 15	Não disponível	5% da leitura	Não disponível	+/- 2
Acurácia em ° C	Não disponível	+/- 3	+/- 1	Não disponível	Não disponível	Não disponível
Tempo de resposta (s)	<30	300 (100%)	300 (100%)	60 (100%)	300 (100%)	< 6 (100%)
Interferentes / Contaminantes	Hidrogênio, oxigênio, hidrocarbonetos não saturados (exceto aromáticos) Alcoóis luz, aminas, amônia, Halogenados.	Glicol, metanol e mercúrio	Glicol e metanol	Glicol	Condensados de hidrocarbonetos	Composição do gás de fundo.
Requisitos necessários para calibração	Cilindro de gás (65 ppm H2O em metano)	Teste de span dos sensores anual e ajuste atmosférico mensal	Troca anual do sensor	Nenhum – auto calibração e proteção	Nenhum	Através de cilindro de gás (65 ppm H2O em metano)
Requisitos necessários para Manutenção	Regeneração (mensal), necessária para contrariar os efeitos da degradação da resposta celular. Downtime 24 horas em cada regeneração.	Nenhuma	Checar e trocar o filtro coalescente trimestralmente	Nenhum	Limpeza do espelho e troca do filtro	Limpeza do espelho e troca do filtro
Unidades de medição	ppm	dewpoint C (Atm)	ppm / dewpoint C (Atm/Press)	ppm	dewpoint C	ppm

Principais Características

	<u>Célula Eletrolítica- (P2O5)</u>	<u>Thin Film Oxide- (Al2O3)</u>	<u>Cerâmico- Impedância</u>	<u>Cristal de Quartzo- (QCM)</u>	<u>Espelho resfriado- Superfície Resfriada</u>	<u>Near infrared (/laser diode)-TDLS</u>
Meios de evitar contaminação	Separador de fases e filtro de glicol	Separador de fases	Filtro coalescente	Separador de fases e filtro de glicol	Nenhum	Célula deve ser protegida contra umidade externa.
Meios de remover contaminação	Processo de regeneração	Nenhum	Remoção da célula para limpeza com acetona	Nenhum – autocalibração e proteção	Remoção do espelho para limpeza	NA
Meios de secagem	Auto-secagem	Nenhum	Nenhum	Secador	Purga	NA
Interfaces com os sistemas	Comprovada	Repostas de baixas concentrações em PPP presentes no gás apresentam problemas para os cálculos do GASVLE dentro dos cálculos para concentrações abaixo de 5 ppm. De fato este analisador on-line precisa da referência à 69bag para converter em ppm.	Comprovada (embora recomendado que o fabricante faça análise da instalação). Necessária correção de pressão se está fazer parte da medição.	Não disponível	NA	Não comprovada
Falhas no Design	Dependendo do fluxo o gás seco destrói o sensor. Sensível a contaminação.	Baixa acurácia para pequenas concentrações. Sensível a contaminação. Alguns são sensíveis a mudanças de temperatura e pressão.	Necessita de uma filtração melhor e melhores meios de secagem. Design do Software precisa ser ajustado com a aplicação.	Não pode ser utilizado em amostras corrosivas ou reativas.	Não adequado para medições de umidade em gases muito sujos. Necessário a utilização de filtros para depuração/remoção de hidrocarbonetos pesados.	Depende da pressão e temperatura da amostra. Possíveis interferências de outras espécies de absorção na mesma frequência.

Analísadores Portáteis



Analísadores fixos



Sistemas de calibração



Para mais informações, entre em contato conosco.

ENGEZER

SOLUÇÕES EM ANÁLISE DE
GASES

Matriz: Rio de Janeiro
Rua Bráulio Cordeiro, 730 – Jacaré
Rio de Janeiro – RJ
CEP: 20975-090
Tel.: (21) 2128.5300
Fax: (21) 2128.5330
engezer@engezer.com.br
www.engezer.com.br