



PRÊMIO GLP DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

*** Edição 2016 ***

PARTICIPANTE: KRONA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.

AUTOR: FERNANDO CÖRNER DA COSTA

CATEGORIA: PROJETOS DE INSTALAÇÕES

TÍTULO:

ALGORITMO DE CONVERSÃO PARA GLP



PRÊMIO GLP DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

* Edição 2016 *

PARTICIPANTE: KRONA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.

CATEGORIA: PROJETOS DE INSTALAÇÕES

TÍTULO: **ALGORITMO DE CONVERSÃO PARA GLP**

AUTOR: Fernando Córner da Costa ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Eng. Mecânico (PUC-RJ), Eng. de Segurança (UERJ), D.Sc em Energia (USP), M.Sc. em Processos Químicos e Bioquímicos (Mauá) e *Senior Partner* da Krona.

ABSTRACT

This paper shows the state-of-the-art and the development of the concepts in order to establish the algorithm for LPG conversion factors from the volumetric meter readings to the weight basis for billing. The thermodynamic calculations take into account the Brazilian features as gas compositions, working pressures, and ambient temperatures. The final result was the elaboration of tables providing the conversion factors.

SINOPSE

Este trabalho apresenta o estado da arte e o desenvolvimento dos conceitos a fim de estabelecer o algoritmo para os fatores de conversão da leitura volumétrica dos medidores de GLP para faturamento em base mássica. Os cálculos termodinâmicos levaram em consideração as características brasileiras como composições do gás, pressões de trabalho e temperaturas ambientes. O resultado final foi a elaboração de tabelas fornecendo os fatores de conversão.

1. BREVE HISTÓRICO DA EMPRESA

A KRONA é uma pequena empresa fundada na cidade de Niterói – RJ em 1993 pelo Eng. Fernando Cörner da Costa, após pedir demissão da empresa AGA-FANO S.A., subsidiária colombiana da multinacional sueca AGA Aktiebolag, onde ocupava cargo na diretoria, para regressar ao Brasil por motivos particulares.

O nome KRONA foi escolhido por ser uma palavra sueca que significa COROA, a moeda daquele país, pois o nome CORNER anteriormente escolhido já estava registrado no INPI e não poderia ser usado na área de engenharia.

Posteriormente a KRONA transferiu-se para a sede própria construída em Diadema – SP e continuou a prestar serviços com contratos assinados diretamente com algumas empresas na América Latina, com empresas brasileiras de gases combustíveis e com indústrias, enfocando as atividades de consultoria, projeto e treinamento em seus 23 anos de existência.

2. OPORTUNIDADE PARA ESTE DESENVOLVIMENTO

O aumento da participação dos gases combustíveis na matriz energética nacional nas duas últimas décadas vem modificando o hábito dos brasileiros e trazendo benefícios para o meio ambiente com a substituição de combustíveis mais poluentes, além da substituição de aplicações da energia elétrica para geração de calor (eletrotermia), principalmente àquelas onde são utilizadas resistências elétricas.

A distribuição do gás pela modalidade canalizada para unidades residenciais e comerciais, seja através de instalações centralizadas de gás liquefeito de petróleo ou redes de distribuição de gás natural, vem instituindo o hábito dos consumidores em pagar o consumo de gás a partir da medição individual para cada unidade.

Portanto, o processo se inicia com o projeto das instalações da rede interna, onde existem várias opções para a localização e distribuição dos medidores. A filosofia da medição coletiva, para grupos de consumidores, vem sendo paulatinamente substituída pela medição individual. A medição pode ser feita de modo presencial, exigindo a mão-de-obra do leiturista, ou sua substituição por medição remota. Segundo VENÂNCIO E PIERROBOM (2004), a medição remota de gás canalizado no segmento residencial vem sendo utilizada no mundo desde a década dos anos 80 através de várias tecnologias, como telefone/rádio, PLC – Power Line Carrier e cartões inteligentes entre outras. O faturamento consolidado para um grupo de consumidores, como condomínios, não é mais desejado devido às dificuldades de se estabelecer um critério de rateio justo. Esta filosofia de cobrança individualizada também vem se difundindo no fornecimento dos serviços de água e esgoto, onde o objetivo da redução do desperdício tem sido comprovado, assim como no fornecimento de GLP – uma estratégia na concorrência com o gás natural.

A medição do GLP consumido por unidades estabelecidas em condomínios residenciais e comerciais, onde o fornecimento parte de uma central de gás, é feito por medidores volumétricos. Porém, como o GLP é comercializado em base mássica (quilograma), torna-se necessária a utilização de fatores de conversão.

Este desenvolvimento visa a proposição de um algoritmo com tabelas auxiliares para padronizar e facilitar a busca pelos fatores de conversão de uma forma clara, tornando desnecessária a realização de cálculos para cada conjugação de fatores, complementando assim o memorial descritivo e os procedimentos operacionais dos projetos de instalações.

Este trabalho foi realizado pela KRONA sob a égide do Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo – SINDIGÁS, com os custos patrocinados pela CIA. ULTRAGAZ S.A. O SINDIGÁS já demonstrou interesse de solicitar à ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas a abertura de uma Comissão de Estudo para tratar deste assunto no CB-09 – Comitê Brasileiro de Gases Combustíveis, visando sua normatização.

3. HISTÓRICO NA CONVERSÃO DE GLP

O documento oficial que tem servido de base para a determinação dos fatores de conversão é a Tabela nº 4 apresentada na Resolução CNP (extinto Conselho Nacional do Petróleo) nº 1 de 12/02/1963 (BRASIL, 1963), apesar de este documento ter sido revogado pela Resolução ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) nº 27 de 08/05/2014 (BRASIL, 2014), não havendo nenhum outro instrumento legal que a substitua.

A citada Resolução do CNP tinha por objetivo regulamentar a apuração das quantidades de GLP armazenadas em tanques, disciplinando a determinação das quantidades de gás recebidas pelas companhias distribuidoras, tanto por via marítima como por gasoduto.

A Tabela nº 4 da Resolução do CNP (ver Anexo 1) indica os pesos específicos do GLP na fase vapor em (kg/m^3) em função da pressão do GLP vapor e da densidade do GLP líquido. Porém as faixas das densidades consideradas por esta tabela são muito amplas e os valores referentes às pressões manométricas são considerados em intervalos de 5 em 5 libras por polegada quadrada (psig). Desta forma, torna-se difícil determinar os fatores de conversão no caso da conversão em medidores com uma razoável precisão pois, para cada situação intermediária, seria necessário fazer cálculos de interpolação considerando-se ainda que os pesos específicos são expressos na tabela com apenas uma casa decimal.

Apesar da revogação da Resolução CNP nº 1 (BRASIL, 1963), a referida Tabela nº 4 é um documento técnico cuja veracidade não foi contestada, razão pela qual pode ser utilizada dentro dos limites de sua precisão. E, considerando-se a finalidade da aplicação desta tabela na época, que era somar a massa de GLP vapor à massa de GLP líquido na apuração das quantidades de gás armazenadas nos tanques, pode-se afirmar que cumpriu seu objetivo com a precisão requerida por mais de meio século.

4. IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA DOS CÁLCULOS

O GLP comercializado em residências, comércios e na grande maioria das indústrias no Brasil é classificado pela Resolução ANP nº 18 de 02/09/2004 (BRASIL, 2004) no Artigo 2º - inciso III (Propano / Butano) como “mistura de hidrocarbonetos contendo predominantemente, em percentuais variáveis, propano e/ou propeno e butano e/ou buteno”. Na realidade, esta definição deveria se referir a “...butanos e/ou butenos” no plural devido à existência dos seus isômeros. Além disso, no Anexo I desta resolução, o Regulamento Técnico ANP nº 2/2004 não define nenhuma proporção entre seus principais componentes anteriormente citados, o que permite ao GLP ser definido por uma ampla gama de composições, desde que atenda às características da Tabela de Especificação deste Regulamento, a saber:

- Pressão de vapor
- Ponto de ebulição 95% evaporados (máximo)
- Conteúdos em volume de pentanos e mais pesados
- Resíduos máximos de evaporados
- Enxofre total máximo
- Presença máxima de gás sulfídrico
- Ensaio de corrosividade ao cobre

A compreensão do motivo que justifica a comercialização do GLP em base mássica (quilogramas ou toneladas) exige a observação dos poderes caloríficos dos componentes deste gás. Assim cabe definir previamente o significado dos poderes caloríficos superior e inferior.

A definição do poder calorífico superior (PCS), segundo COSTA (2013), apresenta algumas diferenças sutis segundo a filosofia tomada por base de cada autor, justificando assim as variações encontradas em diferentes fontes de referência. A definição mais completa seria associar os conceitos de PRITCHARD (1977) e HER MAJESTY’S (1969): o PCS então seria definido como o calor liberado por uma quantidade unitária do gás combustível pela

combustão completa em condições isotérmica e isobárica na pressão de 1 atmosfera absoluta e numa temperatura de referência, onde todo o carbono foi convertido em CO_2 , o enxofre em SO_2 , o nitrogênio não formou nenhum óxido (no caso da combustão com ar) e o hidrogênio em se converteu em vapor de H_2O , o qual foi condensado retornando à temperatura de referência. Desta forma todo o calor liberado pela reação de combustão do gás foi contabilizado, pois partiu e retornou à temperatura de referência, justificando assim a terminologia do PCS.

Por sua vez, o poder calorífico inferior (PCI) não considera o calor oriundo da condensação do vapor d'água, o que justifica seu valor inferior ao do PCS. Como na grande maioria dos processos térmicos, quase sua totalidade, o vapor d'água gerado pela combustão do hidrogênio não condensa, pois se mantém no estado superaquecido, o uso do PCI nos cálculos de conversão energética torna-se mais próximo da situação real. Além da temperatura de referência, as condições dos ensaios também influem na determinação dos poderes caloríficos dos combustíveis, o que explica as diferenças encontradas na literatura.

A comercialização do GLP deve ser realizada sempre em base mássica. O motivo é bem simples, basta comparar os poderes caloríficos dos principais componentes do GLP em base volumétrica (kcal/Nm^3) indicados na Tabela 1.

Uma simples comparação nos valores indicados na Tabela 1 mostra que um GLP rico em propano/propeno tem um poder calorífico inferior, da ordem de 22.000 kcal/Nm^3 , enquanto que GLP com elevado teor de butanos/butenos apresentam valores da ordem de 28.000 kcal/Nm^3 . Portanto, caso o GLP fosse comercializado em base volumétrica, o valor pago por metro cúbico de gás poderia entregar quantidades significativamente diferentes de energia, as quais poderiam superar 20% em algumas situações, o que não seria uma prática coerente nem justa para com os consumidores.

Tabela 1. Poderes caloríficos dos principais componentes do GLP (b. volume)

COMBUSTÍVEL	PODER CALORÍFICO SUPERIOR (kcal/Nm ³)	PODER CALORÍFICO INFERIOR (kcal/Nm ³)
n-Butano	31.900	29.400
iso-Butano	31.700	29.200
Buteno-1	29.900	27.900
cis-Buteno-2	30.000	28.000
trans-Buteno-2	29.900	27.900
iso-Buteno	29.700	27.700
Propano	24.200	22.250
Propeno ou propileno	22.400	20.900

Temperatura de referência: 25°C

Fonte: JENKIN (1962)

Na realidade, o que faz com que existam grandes diferenças no poder calorífico em base volumétrica são as variações significativas nas densidades dos componentes do GLP na fase vapor, as quais também são afetadas pelas variações de temperatura.

Comparando-se agora os poderes caloríficos superiores dos componentes do GLP ou seus poderes caloríficos inferiores em base mássica na Tabela 2, conclui-se que as diferenças máximas são inferiores a 5% (média inferior a 3%), o que justifica a comercialização do gás nesta base.

No Brasil, as referências oficiais atuais consideram o PCI médio do GLP como 11.100 kcal/kg – Anuário Estatístico da ANP (BRASIL, 2015a) e o PCS em 11.750 kcal/kg – Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2015b).

Portanto torna-se muito importante o estabelecimento deste algoritmo para determinação dos fatores de conversão de volume para massa, considerando a composição do GLP, a pressão no medidor e a temperatura do gás. Assim, ficam padronizados os critérios para a conversão, com sua disponibilidade pública.

Tabela 2. Poderes caloríficos dos principais componentes do GLP (b. massa)

COMBUSTÍVEL	PODER CALORÍFICO SUPERIOR (kcal/kg)	PODER CALORÍFICO INFERIOR (kcal/kg)
n-Butano	11.830	10.930
iso-Butano	11.810	10.900
Buteno-1	11.580	10.830
cis-Buteno-2	11.550	10.800
trans-Buteno-2	11.530	10.780
iso-Buteno	11.510	10.760
Propano	12.030	11.080
Propeno ou propileno	11.700	10.940

Temperatura de referência: 25°C

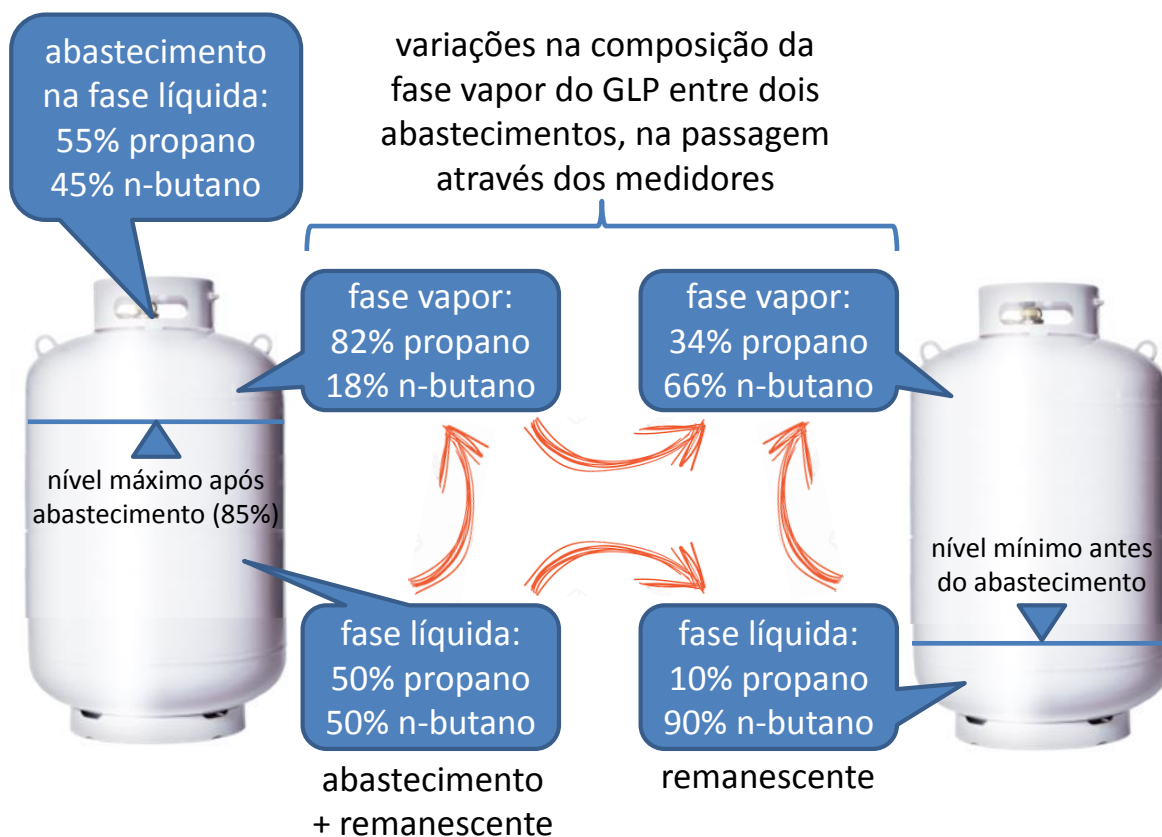
Fonte: JENKIN (1962)

O parâmetro mais crítico a ser considerado na elaboração deste algoritmo é a composição do GLP, a qual pode ser estimada em função da densidade de sua fase líquida. Embora seja conhecida a densidade da fase líquida do GLP em cada abastecimento, ocorrem variações de composição durante o período de consumo devido aos diferentes pontos de ebulição e pressões parciais dos componentes do gás. Além disso, a composição da fase vapor do GLP difere da composição da fase líquida ao longo do período de consumo pelos mesmos motivos.

Este fenômeno torna-se muito mais significativo no caso da vaporização natural, ou seja, aquela que ocorre no interior dos recipientes de GLP sem a utilização de vaporizadores. Exemplificando qualitativamente este fenômeno, após determinado abastecimento dos recipientes de GLP e início de consumo, a composição da fase vapor apresenta teores de propano/propeno mais elevados do que a composição da fase líquida. Como consequência, os teores de butanos/butenos na composição da fase líquida do gás vão aumentando na medida em que o consumo ocorra até a ocasião do próximo abastecimento. Então, como o abastecimento dos recipientes por volume ocorre no local da central de GLP, embora a composição da fase líquida que está sendo abastecida seja conhecida, ela irá se misturar com o gás

remanescente cuja composição original foi alterada, fazendo com que a densidade da nova mistura seja desconhecida.

Figura 1. Exemplo de alterações na composição do GLP durante a utilização



Fonte: elaboração própria do autor

A Figura 1 mostra um exemplo das diferentes composições da fase vapor e da fase líquida no período entre dois abastecimentos contíguos.

Com tantas variações, a metodologia utilizada no algoritmo para a determinação dos fatores de conversão assumiu a hipótese de que todas as moléculas que entrarem nos recipientes durante os abastecimentos de lá sairão para o consumo, mais cedo ou mais tarde. Assim, no período que se segue após cada abastecimento, será considerada a densidade da fase líquida do GLP abastecido, minimizando eventuais erros do fator de conversão.

As escolhas dos intervalos menores para os parâmetros considerados levaram em conta aumentar a precisão dos fatores de conversão citada na Tabela nº 4 da Resolução CNP nº 1 (BRASIL,1963), adequando ainda às faixas de pressões possíveis de serem praticadas nos medidores de vazão e às temperaturas ambientes.

Na citada Resolução do CNP (ver Anexo 1), as densidades relativas da fase líquida do GLP (20°/4°C) foram consideradas em apenas quatro faixas, a saber: de 0,500 a 0,537; de 0,538 a 0,558; de 0,559 a 0,568; e de 0,569 a 0,578.

Neste trabalho, as densidades da fase líquida do GLP (20°C/4°C) foram consideradas em oito faixas:

- De 0,500 até 0,510 – utilizado o valor médio de 0,505;
- Acima de 0,510 até 0,520 – utilizado o valor médio de 0,515;
- Acima de 0,520 até 0,530 – utilizado o valor médio de 0,525;
- Acima de 0,530 até 0,540 – utilizado o valor médio de 0,535;
- Acima de 0,540 até 0,550 – utilizado o valor médio de 0,545;
- Acima de 0,550 até 0,560 – utilizado o valor médio de 0,555;
- Acima de 0,560 até 0,570 – utilizado o valor médio de 0,565;
- Acima de 0,570 até 0,580 – utilizado o valor médio de 0,575.

Enquanto na citada Resolução do CNP (BRASIL, 1963) as pressões manométricas do GLP no intervalo de 0 a 150 kPa (0 a 1,5 bar) foram indicadas em apenas 5 valores que resultaram em 20 fatores de conversão (Anexo 1, em destaque), este trabalho considerou 13 valores possíveis para a pressão do GLP através dos medidores:

- 0 kPa = 1 atm absoluta
- 2,75 kPa = 280 mm col. de água (*)
- 50 kPa = 0,5 bar
- 60 kPa = 0,6 bar

- 70 kPa = 0,7 bar
- 80 kPa = 0,8 bar
- 90 kPa = 0,9 bar
- 100 kPa = 1,0 bar
- 110 kPa = 1,1 bar
- 120 kPa = 1,2 bar
- 130 kPa = 1,3 bar
- 140 kPa = 1,4 bar
- 150 kPa = 1,5 bar (**)

OBS.:

(*) pressão de trabalho dos aparelhos domésticos a GLP;

(**) pressão máxima admissível em redes internas de GLP.

Na Tabela nº 4 do CNP (BRASIL, 1963), os fatores de conversão (peso específico do vapor em kg/m³) foram calculados para a temperatura média de 15,56°C (60°F), o que não apresentaria diferenças significativas considerando-se o propósito original desta tabela: somar a massa de GLP vapor à massa de gás contida na fase líquida dos tanques de armazenagem, para determinação da massa total.

Para conferir maior precisão, este algoritmo levou em consideração a faixa de temperaturas do GLP fase vapor nos medidores variando na faixa de 0° a 40°C inclusive, a cada 5°C.

Além disso, os fatores de conversão foram expressos com duas casas decimais, aumentando a precisão, possibilitando ainda aos usuários fazer interpolações lineares caso julguem necessária a obtenção de fatores intermediários.

5. CONCLUSÕES E PRÓXIMOS PASSOS

O algoritmo foi desenvolvido para facilitar o trabalho da conversão dos valores da leitura de medidores volumétricos de GLP para massa, de acordo com as variações da densidade do gás, da pressão no medidor e da temperatura ambiente.

As nove tabelas elaboradas com o auxílio do algoritmo, as quais seguem no Anexo 2, apresentam o total de 936 fatores de conversão cobrindo uma ampla faixa de variáveis.

Caso necessário, o algoritmo possibilita ainda a obtenção de inúmeros fatores de conversão intermediários. Ou então, ainda é possível fazer interpolações lineares nas tabelas apresentadas sem o risco de apresentar erros significativos.

Assim, as tabelas geradas pelo algoritmo estão prontas para implementação provisória pelas distribuidoras de GLP, pois foram aceitas sem restrições por estas empresas na última reunião da Diretoria de Operações do Sindigás, realizada no dia 16 de setembro de 2016.

O SINDIGÁS, em nome das distribuidoras de GLP associadas, já apresentou à ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas uma demanda para normatização deste tema, cuja pertinência foi encaminhada ao Comitê Técnico CB-09 (Comitê Brasileiro de Gases Combustíveis). O próximo passo é a constituição de uma Comissão de Estudo que desenvolverá o Projeto de Norma para ser submetido à Consulta Nacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL, **Resolução CNP nº1** (extinto Conselho Nacional do Petróleo) de 12/02/1963.
 - BRASIL, **Resolução ANP nº 18** (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) de 02/09/2004.
 - BRASIL, **Resolução ANP nº 27** de 08/05/2014.
 - BRASIL, **Anuário Estatístico da ANP – 2015a**.
 - BRASIL, MME, **Balanço Energético Nacional – 2015b**.
 - COSTA, F.C., **Gases Combustíveis como Alternativas à Eletrotermia em Aquecimento Direto e Calor de Processo no Setor Industrial Brasileiro**, tese de doutorado, IEE / USP, 2013.
 - HER MAJESTY'S STATIONERY OFFICE, **The Efficient Use of Fuel**, A. Wheaton & Co, Second Edition, Third Printing, London, England, 1969.
 - JENKIN, D., **The Properties of Liquefied Petroleum Gases**, O.P.D. Report No. 192/62M, Shell, 1962.
 - PRITCHARD, R., et al., **Handbook of Industrial Gas Utilization**, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1977.
 - VENÂNCIO, J. e PIERROBOM, E., **Uso da Medição Remota no Mercado Residencial Brasileiro do Gás Natural**, 2nd Metering, Billing, Latin America Conference, Rio de Janeiro, 2004.
-

ANEXO 1. Tabela nº 4 da Resolução CNP nº 1 de 12/02/1963

TABELA Nº 4 GASES LÍQUEFEITOS DE PETRÓLEO					
FASE VAPOR					
PÊSO ESPECÍFICO DO VAPOR, (kg/m ³) EM FUNÇÃO DE PRESSÃO DO VAPOR E DENSIDADE DO LÍQUIDO					
Pressão Manométrica		DENSIDADE DO LÍQUIDO 20°C / 4°C			
		0,500 – 0,537	0,538 – 0,558	0,559 – 0,568	0,569 – 0,578
lb/pol ²	Kg/cm ²	DENSIDADE DO LÍQUIDO 60°F/60°F			
		0,508 – 0,544	0,545 – 0,564	0,565 – 0,74	0,575 – 0,584
0	0	1,9	2,0	2,1	2,3
5	0,35	2,5	2,6	2,8	3,1
10	0,70	3,1	3,3	3,5	3,9
15	1,1	3,8	4,0	4,3	4,6
20	1,4	4,4	4,7	5,0	5,4
25	1,8	5,0	5,3	5,7	6,2
30	2,1	5,6	6,0	6,4	7,0
35	2,5	6,3	6,7	7,1	7,8
40	2,8	6,9	7,3	7,9	8,5
45	3,2	7,5	8,0	8,6	9,3
50	3,5	8,2	8,7	9,3	10,1
55	3,9	8,8	9,4	10,0	10,9
60	4,2	9,4	10,0	10,7	11,7
65	4,6	10,1	10,7	11,4	12,4
70	4,9	10,7	11,4	12,2	13,2
75	5,3	11,3	12,0	12,9	14,0
80	5,6	12,0	12,7	13,6	14,6
85	6,0	12,6	13,4	14,3	15,6
90	6,3	13,2	14,1	15,0	16,4
95	6,7	12,8	14,7	15,7	17,1
100	7,0	14,5	15,4	16,5	17,9
105	7,4	15,1	16,1	17,2	18,7
110	7,8	15,7	16,7	17,9	19,5
115	8,1	16,4	17,4	18,6	20,2
120	8,4	17,0	18,1	19,3	21,0
125	8,8	17,6	18,8	20,0	21,8
130	9,1	18,3	19,4	20,8	22,6
135	9,5	18,9	20,1	21,5	23,4
140	9,8	19,5	20,8	22,2	24,2
145	10,2	20,2	21,4	22,9	24,9
150	10,5	20,8	22,1	23,6	25,7
155	10,9	21,4	22,8	24,4	26,5
160	11,2	22,1	23,5	25,1	27,3
165	11,6	22,7	24,1	25,8	28,1
170	11,9	23,3	24,8	26,5	28,8
175	12,3	23,9	25,5	27,2	29,6
180	12,6	24,6	26,1	27,9	30,4
185	13,0	25,2	26,8	28,7	31,2
190	13,3	25,8	27,5	29,4	32,0
195	13,7	26,5	28,1	30,1	32,7
200	14,0	27,1	28,8	30,8	33,5

ANEXO 2. Fatores de conversão

PRESSÃO MANOMÉTRICA							DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 20°C em relação à água a 4°C																	
							DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 60°F em relação à água a 60°F (15,6°C)						DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 20°C em relação à água a 4°C						DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 60°F em relação à água a 60°F (15,6°C)					
							kgf/cm ²	bar	atm	mm col água	kPa	de 0,500 a 0,510	> 0,510 a 0,520	> 0,520 a 0,530	> 0,530 a 0,540	> 0,540 a 0,550	> 0,550 a 0,560	> 0,560 a 0,570	> 0,570 a 0,580	de 0,508 a 0,517	> 0,517 a 0,527	> 0,527 a 0,537	> 0,537 a 0,547	> 0,547 a 0,556
0	0	0	0	0	2,07	2,15	2,24	2,33	2,43	2,53	2,63	2,74	2,87	2,07	2,15	2,24	2,33	2,43	2,53	2,63	2,74	2,87		
0,51	0,50	0,493	5,099	50	2,12	2,21	2,30	2,39	2,49	2,59	2,70	2,81	2,94	2,12	2,21	2,30	2,39	2,49	2,59	2,70	2,81	2,94		
0,61	0,60	0,592	6,118	60	3,09	3,21	3,35	3,48	3,62	3,77	3,93	4,10	4,29	3,09	3,21	3,35	3,48	3,62	3,77	3,93	4,10	4,29		
0,71	0,70	0,691	7,138	70	3,29	3,43	3,57	3,71	3,86	4,02	4,19	4,38	4,59	3,29	3,43	3,57	3,71	3,86	4,02	4,19	4,38	4,59		
0,82	0,80	0,790	8,158	80	3,50	3,64	3,79	3,94	4,10	4,27	4,45	4,65	4,88	3,50	3,64	3,79	3,94	4,10	4,27	4,45	4,65	4,88		
0,92	0,90	0,888	9,177	90	3,70	3,85	4,01	4,17	4,34	4,52	4,71	4,92	5,16	3,70	3,85	4,01	4,17	4,34	4,52	4,71	4,92	5,16		
1,02	1,00	0,987	10,197	100	3,91	4,06	4,23	4,40	4,58	4,77	4,97	5,19	5,44	3,91	4,06	4,23	4,40	4,58	4,77	4,97	5,19	5,44		
1,12	1,10	1,086	11,217	110	4,11	4,28	4,45	4,63	4,82	5,02	5,23	5,46	5,71	4,11	4,28	4,45	4,63	4,82	5,02	5,23	5,46	5,71		
1,22	1,20	1,184	12,236	120	4,31	4,49	4,67	4,86	5,06	5,27	5,49	5,73	6,00	4,31	4,49	4,67	4,86	5,06	5,27	5,49	5,73	6,00		
1,33	1,30	1,283	13,256	130	4,52	4,70	4,89	5,09	5,30	5,52	5,74	6,00	6,28	4,52	4,70	4,89	5,09	5,30	5,52	5,74	6,00	6,28		
1,43	1,40	1,382	14,276	140	4,72	4,91	5,11	5,32	5,55	5,77	6,02	6,30	6,61	4,72	4,91	5,11	5,32	5,55	5,77	6,02	6,30	6,61		
1,53	1,50	1,480	15,296	150	4,93	5,13	5,34	5,55	5,78	6,02	6,26	6,56	6,88	4,93	5,13	5,34	5,55	5,78	6,02	6,26	6,56	6,88		
					5,13	5,34	5,56	5,78	6,02	6,27	6,52	6,83	7,16	5,13	5,34	5,56	5,78	6,02	6,27	6,52	6,83	7,16		

0°C

PRESSÃO MANOMÉTRICA							DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 20°C em relação à água a 4°C																	
							DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 60°F em relação à água a 60°F (15,6°C)						DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 20°C em relação à água a 4°C						DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 60°F em relação à água a 60°F (15,6°C)					
							kgf/cm ²	bar	atm	mm col água	kPa	de 0,500 a 0,510	> 0,510 a 0,520	> 0,520 a 0,530	> 0,530 a 0,540	> 0,540 a 0,550	> 0,550 a 0,560	> 0,560 a 0,570	> 0,570 a 0,580	de 0,508 a 0,517	> 0,517 a 0,527	> 0,527 a 0,537	> 0,537 a 0,547	> 0,547 a 0,556
0	0	0	0	0	2,03	2,11	2,20	2,29	2,38	2,48	2,58	2,69	2,82	2,03	2,11	2,20	2,29	2,38	2,48	2,58	2,69	2,82		
0,51	0,50	0,493	5,099	50	2,09	2,17	2,26	2,35	2,45	2,55	2,65	2,76	2,90	2,09	2,17	2,26	2,35	2,45	2,55	2,65	2,76	2,90		
0,61	0,60	0,592	6,118	60	3,03	3,16	3,29	3,42	3,56	3,71	3,86	4,03	4,22	3,03	3,16	3,29	3,42	3,56	3,71	3,86	4,03	4,22		
0,71	0,70	0,691	7,138	70	3,23	3,37	3,50	3,65	3,79	3,95	4,11	4,29	4,49	3,23	3,37	3,50	3,65	3,79	3,95	4,11	4,29	4,49		
0,82	0,80	0,790	8,158	80	3,44	3,57	3,72	3,87	4,03	4,19	4,37	4,56	4,77	3,44	3,57	3,72	3,87	4,03	4,19	4,37	4,56	4,77		
0,92	0,90	0,888	9,177	90	3,64	3,78	3,94	4,10	4,26	4,44	4,62	4,82	5,04	3,64	3,78	3,94	4,10	4,26	4,44	4,62	4,82	5,04		
1,02	1,00	0,987	10,197	100	3,84	3,99	4,15	4,32	4,50	4,68	4,88	5,09	5,32	3,84	3,99	4,15	4,32	4,50	4,68	4,88	5,09	5,32		
1,12	1,10	1,086	11,217	110	4,04	4,20	4,37	4,55	4,74	4,93	5,13	5,35	5,59	4,04	4,20	4,37	4,55	4,74	4,93	5,13	5,35	5,59		
1,22	1,20	1,184	12,236	120	4,24	4,41	4,59	4,78	4,97	5,17	5,39	5,63	5,88	4,24	4,41	4,59	4,78	4,97	5,17	5,39	5,63	5,88		
1,33	1,30	1,283	13,256	130	4,44	4,62	4,81	5,00	5,21	5,42	5,64	5,90	6,17	4,44	4,62	4,81	5,00	5,21	5,42	5,64	5,90	6,17		
1,43	1,40	1,382	14,276	140	4,64	4,83	5,02	5,23	5,44	5,66	5,90	6,15	6,43	4,64	4,83	5,02	5,23	5,44	5,66	5,90	6,15	6,43		
1,53	1,50	1,480	15,296	150	4,84	5,03	5,24	5,45	5,68	5,91	6,15	6,41	6,68	4,84	5,03	5,24	5,45	5,68	5,91	6,15	6,41	6,68		
					5,04	5,24	5,46	5,68	5,91	6,15	6,41	6,68	6,97	5,04	5,24	5,46	5,68	5,91	6,15	6,41	6,68	6,97		

5°C

10°C

PRESSÃO MANOMÉTRICA					DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 20°C em relação à água a 4°C									
					kgf/cm ²	bar	atm	mm col água	kPa	> 0,500 a 0,510	> 0,510 a 0,520	> 0,520 a 0,530	> 0,530 a 0,540	> 0,540 a 0,550
					DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 60°F em relação à água a 60°F (15,6°C)									
					FATORES DE CONVERSÃO GLP FASE VAPOR (kg/m ³ @ 10°C na pressão manométrica indicada em cada linha)									
0	0	0	0	0	2,00	2,08	2,16	2,22	2,26	2,25	2,34	2,44	2,54	2,58
			280	2,75	2,05	2,13	2,22	2,22	2,21	2,31	2,40	2,50	2,61	2,65
0,51	0,50	0,493	5,099	50	2,98	3,10	3,23	3,23	3,23	3,36	3,50	3,64	3,79	3,85
0,61	0,60	0,592	6,118	60	3,18	3,31	3,44	3,44	3,58	3,73	3,88	4,04	4,10	4,10
0,71	0,70	0,691	7,138	70	3,37	3,51	3,65	3,65	3,80	3,96	4,12	4,29	4,36	4,36
0,82	0,80	0,790	8,158	80	3,57	3,72	3,87	3,87	4,03	4,19	4,36	4,54	4,61	4,61
0,92	0,90	0,888	9,177	90	3,77	3,92	4,08	4,08	4,25	4,42	4,60	4,79	4,87	4,87
1,02	1,00	0,987	10,197	100	3,97	4,13	4,29	4,29	4,47	4,65	4,84	5,04	5,12	5,12
1,12	1,10	1,086	11,217	110	4,16	4,33	4,51	4,51	4,69	4,88	5,08	5,29	5,38	5,38
1,22	1,20	1,184	12,236	120	4,36	4,54	4,72	4,72	4,91	5,11	5,32	5,54	5,63	5,63
1,33	1,30	1,283	13,256	130	4,56	4,74	4,93	4,93	5,14	5,34	5,56	5,79	5,88	5,88
1,43	1,40	1,382	14,276	140	4,75	4,95	5,15	5,15	5,36	5,58	5,80	6,04	6,14	6,14
1,53	1,50	1,480	15,296	150	4,95	5,15	5,36	5,36	5,58	5,81	6,04	6,29	6,39	6,39

15°C

PRESSÃO MANOMÉTRICA					DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 20°C em relação à água a 4°C									
					kgf/cm ²	bar	atm	mm col água	kPa	> 0,500 a 0,510	> 0,510 a 0,520	> 0,520 a 0,530	> 0,530 a 0,540	> 0,540 a 0,550
					DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 60°F em relação à água a 60°F (15,6°C)									
					FATORES DE CONVERSÃO GLP FASE VAPOR (kg/m ³ @ 15°C na pressão manométrica indicada em cada linha)									
0	0	0	0	0	1,96	2,04	2,12	2,12	2,21	2,30	2,39	2,49	2,53	2,53
			280	2,75	2,01	2,10	2,18	2,18	2,27	2,36	2,46	2,56	2,60	2,60
0,51	0,50	0,493	5,099	50	2,93	3,05	3,17	3,17	3,30	3,44	3,58	3,72	3,78	3,78
0,61	0,60	0,592	6,118	60	3,12	3,25	3,38	3,38	3,52	3,66	3,81	3,97	4,03	4,03
0,71	0,70	0,691	7,138	70	3,32	3,45	3,59	3,59	3,74	3,89	4,05	4,22	4,28	4,28
0,82	0,80	0,790	8,158	80	3,51	3,65	3,80	3,80	3,96	4,12	4,29	4,46	4,53	4,53
0,92	0,90	0,888	9,177	90	3,70	3,85	4,01	4,01	4,17	4,34	4,52	4,71	4,78	4,78
1,02	1,00	0,987	10,197	100	3,90	4,05	4,22	4,22	4,39	4,57	4,76	4,95	5,03	5,03
1,12	1,10	1,086	11,217	110	4,09	4,26	4,43	4,43	4,61	4,80	4,99	5,20	5,28	5,28
1,22	1,20	1,184	12,236	120	4,28	4,46	4,64	4,64	4,83	5,03	5,23	5,45	5,53	5,53
1,33	1,30	1,283	13,256	130	4,48	4,66	4,85	4,85	5,05	5,25	5,47	5,69	5,78	5,78
1,43	1,40	1,382	14,276	140	4,67	4,86	5,06	5,06	5,26	5,48	5,70	5,94	6,03	6,03
1,53	1,50	1,480	15,296	150	4,86	5,06	5,27	5,27	5,48	5,71	5,94	6,18	6,28	6,28

PRESSÃO MANOMÉTRICA					DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 20°C em relação à água a 4°C									
					de 0,500 a 0,510	> 0,510 a 0,520	> 0,520 a 0,530	> 0,530 a 0,540	> 0,540 a 0,550	> 0,550 a 0,560	> 0,560 a 0,570	> 0,570 a 0,580	DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 60°F em relação à água a 60°F (15,6°C)	
kgf/cm ²	bar	atm	mm col água	kPa	> 0,508 a 0,517	> 0,517 a 0,527	> 0,527 a 0,537	> 0,537 a 0,547	> 0,547 a 0,556	> 0,556 a 0,566	> 0,566 a 0,576	> 0,576 a 0,586	FATORES DE CONVERSÃO GLP FASE VAPOR (kg/m ³ @ 20°C na pressão manométrica indicada em cada linha)	
0	0	0	0	0	1,93	2,01	2,09	2,17	2,26	2,35	2,45	2,49		
			280	2,75	1,98	2,06	2,14	2,23	2,32	2,42	2,52	2,56		
0,51	0,50	0,493	5,099	50	2,88	3,00	3,12	3,24	3,38	3,52	3,66	3,72		
0,61	0,60	0,592	6,118	60	3,07	3,19	3,32	3,46	3,60	3,75	3,90	3,96		
0,71	0,70	0,691	7,138	70	3,26	3,39	3,53	3,67	3,82	3,98	4,14	4,21		
0,82	0,80	0,790	8,158	80	3,45	3,59	3,74	3,89	4,05	4,21	4,39	4,45		
0,92	0,90	0,888	9,177	90	3,64	3,79	3,94	4,10	4,27	4,44	4,63	4,70		
1,02	1,00	0,987	10,197	100	3,83	3,99	4,15	4,32	4,49	4,68	4,87	4,95		
1,12	1,10	1,086	11,217	110	4,02	4,18	4,35	4,53	4,72	4,91	5,11	5,19		
1,22	1,20	1,184	12,236	120	4,21	4,38	4,56	4,75	4,94	5,14	5,35	5,44		
1,33	1,30	1,283	13,256	130	4,40	4,58	4,77	4,96	5,16	5,37	5,59	5,68		
1,43	1,40	1,382	14,276	140	4,59	4,78	4,97	5,17	5,39	5,61	5,84	5,93		
1,53	1,50	1,480	15,296	150	4,78	4,98	5,18	5,39	5,61	5,84	6,08	6,17		

20°C

PRESSÃO MANOMÉTRICA					DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 20°C em relação à água a 4°C									
					de 0,500 a 0,510	> 0,510 a 0,520	> 0,520 a 0,530	> 0,530 a 0,540	> 0,540 a 0,550	> 0,550 a 0,560	> 0,560 a 0,570	> 0,570 a 0,580	DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 60°F em relação à água a 60°F (15,6°C)	
kgf/cm ²	bar	atm	mm col água	kPa	> 0,508 a 0,517	> 0,517 a 0,527	> 0,527 a 0,537	> 0,537 a 0,547	> 0,547 a 0,556	> 0,556 a 0,566	> 0,566 a 0,576	> 0,576 a 0,586	FATORES DE CONVERSÃO GLP FASE VAPOR (kg/m ³ @ 25°C na pressão manométrica indicada em cada linha)	
0	0	0	0	0	1,90	1,97	2,05	2,14	2,22	2,31	2,41	2,45		
			280	2,75	1,95	2,03	2,11	2,19	2,28	2,38	2,47	2,51		
0,51	0,50	0,493	5,099	50	2,83	2,95	3,07	3,19	3,32	3,46	3,60	3,66		
0,61	0,60	0,592	6,118	60	3,02	3,14	3,27	3,40	3,54	3,69	3,84	3,90		
0,71	0,70	0,691	7,138	70	3,20	3,33	3,47	3,61	3,76	3,91	4,07	4,14		
0,82	0,80	0,790	8,158	80	3,39	3,53	3,67	3,82	3,98	4,14	4,31	4,38		
0,92	0,90	0,888	9,177	90	3,58	3,72	3,88	4,03	4,20	4,37	4,55	4,62		
1,02	1,00	0,987	10,197	100	3,77	3,92	4,08	4,24	4,42	4,60	4,79	4,86		
1,12	1,10	1,086	11,217	110	3,95	4,11	4,28	4,46	4,64	4,83	5,03	5,10		
1,22	1,20	1,184	12,236	120	4,14	4,31	4,48	4,67	4,86	5,06	5,26	5,35		
1,33	1,30	1,283	13,256	130	4,33	4,50	4,69	4,88	5,08	5,28	5,50	5,59		
1,43	1,40	1,382	14,276	140	4,51	4,70	4,89	5,09	5,30	5,51	5,74	5,83		
1,53	1,50	1,480	15,296	150	4,70	4,89	5,09	5,30	5,51	5,74	5,98	6,07		

25°C

PRESSÃO MANOMÉTRICA					DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 20°C em relação à água a 4°C										
kgf/cm ²	bar	atm	mm col água	kPa	> 0,500 a 0,510	> 0,510 a 0,520	> 0,520 a 0,530	> 0,530 a 0,540	> 0,540 a 0,550	> 0,550 a 0,560	> 0,560 a 0,570	> 0,570 a 0,580			
					DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 60°F em relação à água a 60°F (15,6°C)										
					FATORES DE CONVERSÃO GLP FASE VAPOR (kg/m ³ @ 30°C na pressão manométrica indicada em cada linha)										
0	0	0	0	0	1,86	1,94	2,02	2,10	2,19	2,28	2,37	2,41			
			280	2,75	1,91	1,99	2,07	2,16	2,25	2,34	2,43	2,47			
0,51	0,50	0,493	5,099	50	2,78	2,90	3,01	3,14	3,27	3,40	3,54	3,60			
0,61	0,60	0,592	6,118	60	2,97	3,09	3,21	3,35	3,48	3,62	3,77	3,83			
0,71	0,70	0,691	7,138	70	3,15	3,28	3,41	3,55	3,70	3,85	4,01	4,07			
0,82	0,80	0,790	8,158	80	3,34	3,47	3,61	3,76	3,91	4,07	4,24	4,31			
0,92	0,90	0,888	9,177	90	3,52	3,66	3,81	3,97	4,13	4,30	4,47	4,55			
1,02	1,00	0,987	10,197	100	3,70	3,85	4,01	4,17	4,34	4,52	4,71	4,78			
1,12	1,10	1,086	11,217	110	3,89	4,05	4,21	4,38	4,56	4,75	4,94	5,02			
1,22	1,20	1,184	12,236	120	4,07	4,24	4,41	4,59	4,78	4,97	5,18	5,26			
1,33	1,30	1,283	13,256	130	4,26	4,43	4,61	4,80	4,99	5,20	5,41	5,50			
1,43	1,40	1,382	14,276	140	4,44	4,62	4,81	5,00	5,21	5,42	5,64	5,73			
1,53	1,50	1,480	15,296	150	4,62	4,81	5,01	5,21	5,42	5,65	5,88	5,97			

30°C

PRESSÃO MANOMÉTRICA					DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 20°C em relação à água a 4°C										
kgf/cm ²	bar	atm	mm col água	kPa	> 0,500 a 0,510	> 0,510 a 0,520	> 0,520 a 0,530	> 0,530 a 0,540	> 0,540 a 0,550	> 0,550 a 0,560	> 0,560 a 0,570	> 0,570 a 0,580			
					DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 60°F em relação à água a 60°F (15,6°C)										
					FATORES DE CONVERSÃO GLP FASE VAPOR (kg/m ³ @ 35°C na pressão manométrica indicada em cada linha)										
0	0	0	0	0	1,83	1,91	1,99	2,07	2,15	2,24	2,33	2,37			
			280	2,75	1,88	1,96	2,04	2,12	2,21	2,30	2,39	2,43			
0,51	0,50	0,493	5,099	50	2,74	2,85	2,97	3,09	3,21	3,34	3,48	3,54			
0,61	0,60	0,592	6,118	60	2,92	3,04	3,16	3,29	3,43	3,57	3,71	3,77			
0,71	0,70	0,691	7,138	70	3,10	3,23	3,36	3,49	3,64	3,79	3,94	4,00			
0,82	0,80	0,790	8,158	80	3,28	3,41	3,55	3,70	3,85	4,01	4,17	4,24			
0,92	0,90	0,888	9,177	90	3,46	3,60	3,75	3,90	4,06	4,23	4,40	4,47			
1,02	1,00	0,987	10,197	100	3,64	3,79	3,95	4,11	4,27	4,45	4,63	4,71			
1,12	1,10	1,086	11,217	110	3,82	3,98	4,14	4,31	4,49	4,67	4,86	4,94			
1,22	1,20	1,184	12,236	120	4,01	4,17	4,34	4,51	4,70	4,89	5,09	5,17			
1,33	1,30	1,283	13,256	130	4,19	4,36	4,53	4,72	4,91	5,11	5,32	5,41			
1,43	1,40	1,382	14,276	140	4,37	4,54	4,73	4,92	5,12	5,33	5,55	5,64			
1,53	1,50	1,480	15,296	150	4,55	4,73	4,93	5,13	5,34	5,55	5,78	5,87			

35°C

PRESSÃO MANOMÉTRICA				DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 20°C em relação à água a 4°C											
kgf/cm ²	bar	atm	mm col água	kPa	> 0,500 a 0,510	> 0,510 a 0,520	> 0,520 a 0,530	> 0,530 a 0,540	> 0,540 a 0,550	> 0,550 a 0,560	> 0,560 a 0,570	> 0,570 a 0,580			
				DENSIDADE DO GLP FASE LÍQUIDA A 60°F em relação à água a 60°F (15,6°C)											
				FATORES DE CONVERSÃO GLP FASE VAPOR (kg/m ³ @ 40°C na pressão manométrica indicada em cada linha)											
0	0	0	0	0	1,80	1,88	1,95	2,03	2,12	2,20	2,29	2,33			
			280	2,75	1,85	1,93	2,01	2,09	2,17	2,26	2,36	2,39			
0,51	0,50	0,493	5,099	50	2,70	2,80	2,92	3,04	3,16	3,29	3,43	3,48			
0,61	0,60	0,592	6,118	60	2,87	2,99	3,11	3,24	3,37	3,51	3,65	3,71			
0,71	0,70	0,691	7,138	70	3,05	3,17	3,30	3,44	3,58	3,73	3,88	3,94			
0,82	0,80	0,790	8,158	80	3,23	3,36	3,50	3,64	3,79	3,94	4,11	4,17			
0,92	0,90	0,888	9,177	90	3,41	3,55	3,69	3,84	4,00	4,16	4,33	4,40			
1,02	1,00	0,987	10,197	100	3,59	3,73	3,88	4,04	4,21	4,38	4,56	4,63			
1,12	1,10	1,086	11,217	110	3,76	3,92	4,08	4,24	4,42	4,60	4,78	4,86			
1,22	1,20	1,184	12,236	120	3,94	4,10	4,27	4,44	4,62	4,81	5,01	5,09			
1,33	1,30	1,283	13,256	130	4,12	4,29	4,46	4,64	4,83	5,03	5,24	5,32			
1,43	1,40	1,382	14,276	140	4,30	4,47	4,65	4,84	5,04	5,25	5,46	5,55			
1,53	1,50	1,480	15,296	150	4,48	4,66	4,85	5,04	5,25	5,47	5,69	5,78			

40°C