



# Converter ou não converter ... os seus valores de dureza?

## Introdução

As curvas de conversão são um dos elementos indispensáveis no campo da medição da dureza. Muitos utilizadores estão familiarizados com as escalas Brinell, Vickers, Rockwell ou Leeb e utilizam as curvas de conversão no seu trabalho todos os dias. No entanto, poucos utilizadores sabem como são geradas e como utilizá-las correctamente. Este artigo partilha exactamente o que são curvas de conversão, como elas são desenvolvidas e como utilizá-las correctamente.

## Destques

- As curvas de conversão são puramente empíricas e específicas para cada grupo material. As curvas de conversão são funções matemáticas (equações) criadas com base em tabelas de conversão.
- Nenhuma equação converteria idealmente um valor de dureza para outra escala de dureza.
- As curvas de conversão dão uma aproximação estreita de uma medida expressa noutras unidades não nativas, na condição de que o material utilizado para gerar as curvas seja o mesmo que o material a que as curvas são aplicadas. São específicas do material.
- A conversão introduz incerteza adicional à medição
- Sempre que possível, utilizar a escala nativa para evitar a introdução de incerteza adicional

## Porque é que os utilizadores querem converter?

Trabalhar com diferentes métodos de ensaio de dureza requer frequentemente que a dureza medida por um método seja convertida para outro método ou resistência (resistência à tração em N/mm<sup>2</sup>). Se um valor de dureza medido se destina a ser convertido noutra escala (ou seja, no resultado de um método de ensaio de dureza completamente diferente), não há nenhuma equação matemática para o fazer.

Geralmente, não há relações aplicáveis para converter valores de dureza de um método para outro. No entanto, as chamadas tabelas de conversão, determinadas através de experiências e medições, permitem uma fácil conversão de escalas.

# Como são geradas as curvas de conversão?

Para gerar uma curva de conversão, a dureza de várias até poucas dezenas de amostras com valores variáveis de dureza é medida utilizando os diferentes métodos de teste. A relação entre as escalas individuais é então estabelecida. Tais conversões só podem ser efectuadas se um número suficiente de medições de comparação tiver salvaguardado estatisticamente a relação de conversão. Por exemplo, a tabela seguinte (Tabela 1) representa as n amostras, em que cada uma delas tem diferentes valores de dureza, mas é feita a partir do mesmo material. Essas amostras são então testadas com vários métodos (aqui, exemplarmente, estes métodos são indicados como A, B, C e D) e permitem o estabelecimento da tabela de conversão.

Por exemplo, Hx1.4A (uma amostra com dureza 40% superior à do primeiro membro da população, medida com o método A) seria então expressa noutra escala medida pelo método C como " Hx1.4C".

Estas tabelas são então convertidas em equações matemáticas, que permitem uma conversão suave dos valores de dureza intermédios (por exemplo, amostra com dureza x+5,43% poderia ser calculada com base numa tal equação para Hx1,0543B), porque a relação entre numerosas amostras poderia ser descrita matematicamente como curva de conversão.

O mesmo procedimento é então aplicado a outras classes de materiais para estabelecer outras relações entre os valores de dureza de diferentes métodos de ensaio.

## O desafio das curvas de conversão

Como indicado acima, as curvas de conversão são sempre aproximações próximas. Os utilizadores muitas vezes desconhecem que a sua conversão é uma aproximação e acreditam cegamente que os resultados finais após a conversão são iguais ao valor de dureza expresso por outra unidade de escala de dureza.

Devido à necessária determinação experimental das curvas de conversão para diferentes materiais, os erros devem ser aqui tidos em conta. Haverá um correspondente factor adicional de incerteza ao converter-se para outra unidade de escala. Outro ponto-chave a ter em conta é que muitos materiais têm diferentes durezas baseadas em diferentes microestruturas, condições de processamento e talvez algumas variações menores, mas que contribuem para variações na composição química. Embora as tabelas de conversão especifiquem as composições químicas de vários aços, ocorrem variações nas composições químicas, e o subsequente processamento pode induzir outras alterações nos materiais.

Os métodos de ensaio portáteis oferecem aos inspectores e utilizadores liberdade e simplificam significativamente o procedimento de ensaio. Podem ser realizados no local e de forma não destrutiva, em vez do laborioso procedimento de corte, transporte e medição com o método de bancada (por exemplo, Brinell ou Vickers), seguido de análise microscópica do travessão. No entanto, impõem uma incerteza adicional de medição como todos eles são, em certa medida, dependentes do utilizador, o que significa: incerteza adicional a considerar.

## Como pode uma empresa ultrapassar todas ou pelo menos algumas limitações de conversão?

Felizmente, a atenuação mais importante é tornar os utilizadores conscientes das limitações. Além disso, se tiver uma linha de produção e processar materiais diversos ou não standard, tente estabelecer a sua própria curva de conversão com base nos seus próprios materiais, tendo em mente todas as melhores práticas de preparação de amostras (peso, espessura da parede, rugosidade da superfície, estatísticas). Equotip, além da **mais ampla carteira de curvas de conversão do mercado**, oferece várias formas de gerar curvas de conversão, partindo de uma simples mas limitada gama de deslocamentos de um ponto, aproximações de dois pontos e as melhores e mais precisas **curvas de conversão multiponto**, onde o utilizador pode calcular e simplesmente implementar a sua própria curva de conversão com base em poucas amostras nos [dispositivos Equotip 550](#).

Por outras palavras: Um material definido nas tabelas de conversão não deve ser exactamente o mesmo material que o utilizador final está a tentar medir. Isto é especialmente importante para materiais que passam por muitas etapas de processamento.

## Qual seria a melhor prática?

Se estiver a utilizar um [método de teste portátil](#), por exemplo Leeb e se for possível mudar inteiramente para esse método, tente adoptar uma escala nativa (por exemplo HLD) ao longo de toda a cadeia de produção. Ao fazê-lo, está não só a simplificar o processo de garantia de qualidade, mas também a evitar a contribuição de incertezas desnecessárias que advêm da natureza empírica das curvas de conversão.

Recomenda-se sempre a utilização da escala nativa do método de teste e ter sempre em mente que a conversão dos valores de dureza é uma aproximação.

Se estiver a utilizar uma simples correcção de um ponto de desvio, tenha em mente que esta correcção específica do material será aplicável à dureza medida na proximidade da peça de ensaio medida. Por outras palavras: Não se deve definir um deslocamento de um ponto para materiais moles e utilizar a mesma conversão para materiais muito duros.

Suponhamos que se considere a aplicação do método de Impedância por Contacto Ultrassónico (UCI). Nesse caso, deve ter sempre em mente que esta técnica é concebida para o aço com módulo de Young (E) de 210 GPa, e qualquer material com um valor E diferente mostrará leituras erradas. Tente empregar um Rockwell portátil, que mede uma profundidade de indentação e é independente do material.

## Ilustração esquemática de uma tabela de conversão

	Método de ensaio A	Método de ensaio B	Método de ensaio C	Método de teste D
Amostra com dureza x	HxA	HxB	HxC	HxD
Amostra com dureza x + 10%	Hx1.1A	Hx1.1B	Hx1.1C	Hx1.1D
Amostra com dureza x + 20%	Hx1.2A	Hx1.2B	Hx1.2C	Hx1.2D
Amostra com dureza x +30%	Hx1.3A	Hx1.3B	Hx1.3C	Hx1.3D
Amostra com dureza x +40%	Hx1.4A	Hx1.4B	Hx1.4C	Hx1.4D
...	...	...	...	...
Amostra com dureza x +n%	HxnA	HxnB	HxnC	HxnD

Quadro 1. Representação esquemática de um método de conversão de dureza. Importante salientar que os espécimes e a medição

As condições para estes testes são quase ideais: baixa rugosidade superficial, tamanho e dimensões correspondem aos requisitos padrão,

são aplicadas estatísticas apropriadas juntamente com um número adequado de medições. Muitas vezes as tabelas são geradas através do chamado método Round-Robin, o que significa que várias partes realizam a mesma medição sob as mesmas condições para confirmar a correcção do método.