



Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos

Parte 1: Métodos para aplicação geral — Medição de espessuras e dimensões externas — Ensaio para a determinação das propriedades mecânicas

APRESENTAÇÃO

1) Este Projeto foi elaborado pela Comissão de Estudo de Métodos de Ensaio para Cabos Elétricos (CE-003:020.006) do Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003), com número de Texto-Base 003:020.006-116/1, nas reuniões de:

13.09.2022	11.10.2022	20.12.2022
14.02.2023		

a) não tem valor normativo.

2) Aqueles que tiverem conhecimento de qualquer direito de patente devem apresentar esta informação em seus comentários, com documentação comprobatória.

3) Analista ABNT – Newton Ferraz.



Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos

Parte 1: Métodos para aplicação geral — Medição de espessuras e dimensões externas — Ensaio para a determinação das propriedades mecânicas

Common test methods for electrical cable insulation and covering materials

Part 1: Methods for general application — Measurement of thicknesses and external dimensions — Tests for the determination of mechanical properties

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da ABNT Diretiva 2.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Os Documentos Técnicos ABNT, assim como as Normas Internacionais (ISO e IEC), são voluntários e não incluem requisitos contratuais, legais ou estatutários. Os Documentos Técnicos ABNT não substituem Leis, Decretos ou Regulamentos, aos quais os usuários devem atender, tendo precedência sobre qualquer Documento Técnico ABNT.

Ressalta-se que os Documentos Técnicos ABNT podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar as datas para exigência dos requisitos de quaisquer Documentos Técnicos ABNT.

A ABNT NBR 17173-1 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003), pela Comissão de Estudo de Ensaio para Cabos Elétricos (CE-003:020.006). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº XX, de XX.XX.XXXX a XX.XX.XXXX.

O Escopo em inglês da ABNT NBR 17173-1 é o seguinte:

Scope

This Part of ABNT NBR 17173 specifies test methods for polymeric insulation and sheathing materials for electrical cables for power distribution and for telecommunications, including cables for use on board ships and for offshore applications.

This Part of ABNT NBR 17173 provides methods for measuring thicknesses and external dimensions and for determining mechanical properties, which apply to the most common types of insulation and sheathing compounds (elastomeric, PVC, PE, PP etc.).



Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos

Parte 1: Métodos para aplicação geral — Medição de espessuras e dimensões externas — Ensaio para a determinação das propriedades mecânicas

1 Escopo

Esta Parte da ABNT NBR 17173 especifica os métodos de ensaios para materiais poliméricos de isolamento e cobertura de cabos elétricos para distribuição de energia e para telecomunicações, incluindo cabos para uso a bordo de navios e para aplicações *offshore*.

Esta Parte da ABNT NBR 17173 fornece os métodos para a medição de espessuras e dimensões externas e para a determinação das propriedades mecânicas aplicáveis aos tipos mais comuns de compostos de isolamento e cobertura (elastoméricos, PVC, PE, PP etc.).

2 Referências normativas

Os documentos a seguir são citados no texto de tal forma que seus conteúdos, totais ou parciais, constituem requisitos para este Documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 5456, *Eletricidade geral – Terminologia*

ABNT NBR 5471, *Condutores elétricos*

ABNT NBR 6251, *Cabos de potência com isolamento extrudado para tensões de 1 kV a 35 kV – Requisitos construtivos*

ABNT NBR 17173-2:2024, *Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos – Parte 2: Métodos para aplicação geral – Métodos de envelhecimento térmico*

ABNT NBR 17173-3:2024, *Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos – Parte 3: Métodos para aplicação geral – Métodos para a determinação da densidade de massa – Ensaio de absorção de água – Ensaio de retração*

ABNT NBR 17173-5:2024, *Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos – Parte 5: Métodos específicos para materiais elastoméricos – Ensaio de resistência ao ozônio, de alongamento a quente e de imersão em óleo mineral*

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os termos e definições das ABNT NBR 5456, ABNT NBR 5471 e ABNT NBR 6251, e os seguintes.

3.1

alongamento à ruptura

incremento do comprimento de referência do corpo de prova, na ruptura, expresso como porcentagem do comprimento de referência



3.2

força máxima de tração

valor mais elevado atingido durante o ensaio de tração

3.3

resistência à tração

tensão de tração máxima registrada que é suportada pelo corpo de prova durante o ensaio de tração até a ruptura

3.4

tensão de tração

força de tração por unidade de área transversal do corpo de prova não tracionado

3.5

valor mediano

valor central se o número de valores disponíveis for ímpar, ou a média aritmética dos dois valores centrais, se o número de valores for par, quando diversos resultados de ensaio são obtidos e ordenados em uma sucessão crescente ou decrescente

4 Condições gerais

4.1 Valores para os ensaios

4.1.1 Esta Parte da ABNT NBR 17173 não inclui as condições completas dos ensaios (como temperaturas, durações etc.) nem os requisitos completos dos ensaios, que constam nas normas correspondentes a cada tipo de cabo.

4.1.2 Qualquer requisito de ensaio estabelecido nesta Parte da ABNT NBR 17173 pode ser modificado pela norma do cabo correspondente, para satisfazer seus requisitos particulares.

4.2 Aplicação

Os valores de condicionamento e os parâmetros de ensaio especificados nesta Parte da ABNT NBR 17173 aplicam-se aos tipos mais comuns de compostos para isolamento e cobertura, bem como aos tipos mais comuns de condutores, cabos e cordões.

4.3 Ensaios de tipo e outros ensaios

Os métodos de ensaios descritos nesta Parte da ABNT NBR 17173 destinam-se essencialmente ao uso em ensaios de tipo. Para determinados ensaios, podem existir diferenças importantes entre as condições para ensaios de tipo e para ensaios mais frequentes, como ensaios de rotina. Nestes casos, essas diferenças devem ser indicadas.

4.4 Precondicionamento

4.4.1 Todos os ensaios devem ser realizados no mínimo 16 h após a extrusão ou vulcanização (ou reticulação), se for o caso, dos compostos de isolamento ou cobertura.

4.4.2 A menos que seja especificado diferentemente, antes de efetuar qualquer ensaio, todos os corpos de prova, envelhecidos e não envelhecidos, devem ser mantidos, por pelo menos 3 h, à temperatura de $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

4.5 Temperatura de ensaio

Exceto se especificado diferentemente, os ensaios devem ser realizados à temperatura ambiente.

5 Medição de espessuras e dimensões externas

5.1 Medição da espessura da isolação

5.1.1 Generalidades

5.1.1.1 A medição da espessura da isolação pode ser requerida como um ensaio individual ou como uma operação no procedimento para a realização de outros ensaios, como, por exemplo, para a determinação das propriedades mecânicas.

5.1.1.2 Em cada caso, a seleção das amostras deve estar de acordo com o método indicado na norma correspondente ao cabo considerado.

5.1.2 Instrumentos de medição

5.1.2.1 Utiliza-se um microscópio para medição ou um projetor de perfis com aumento de pelo menos 10 vezes. Ambos os tipos de instrumento devem permitir leituras de até 0,01 mm e apreciar até a terceira decimal, quando são efetuadas medições de espessuras especificadas inferiores a 0,5 mm.

5.1.2.2 Em caso de dúvida, a medição com microscópio deve ser considerada como um método de referência.

5.1.3 Preparação dos corpos de prova

5.1.3.1 Deve-se remover qualquer cobertura eventual sobre a isolação e retirar o condutor, juntamente com o separador, se existir, de modo a não danificar a isolação. Quando as camadas semicondutoras internas e/ou externas forem aderentes à isolação, não é necessário removê-las.

5.1.3.2 Cada corpo de prova deve consistir de uma fatia fina de isolação. A fatia deve ser cortada com um dispositivo adequado (matrizes, lâminas afiadas e outros), ao longo de um plano perpendicular ao eixo longitudinal do condutor.

5.1.3.3 As veias de cordões com formato plano, sem cobertura, não podem ser separadas.

5.1.3.4 Se a isolação contiver marcação em baixo relevo, dando origem a uma redução local de espessura, o corpo de prova deve ser retirado, de forma a incluir uma dessas marcações.

5.1.4 Procedimento de medição

5.1.4.1 O corpo de prova deve ser posicionado sob o instrumento de medição, com o plano de corte perpendicular ao eixo óptico.

5.1.4.2 Quando o contorno interno do corpo de prova tiver forma circular, devem ser feitas seis medições radialmente, como mostra a Figura 1. Para veias com formato setorial, devem ser feitas seis medições, como mostra a Figura 2.

5.1.4.3 Quando a isolação for proveniente de um condutor encordoado, devem ser feitas seis medições radialmente, como mostram as Figuras 3 e 4.



5.1.4.4 Quando o perfil externo apresentar irregularidades, as medições devem ser feitas como mostra a Figura 5.

5.1.4.5 Quando existirem camadas não removíveis de blindagem sob e/ou sobre a isolação, elas devem ser excluídas das medições.

5.1.4.6 Se as camadas não removíveis de blindagem estiverem presentes sob e/ou sobre uma isolação opaca, deve ser usado um microscópio para a medição.

5.1.4.7 Cordões com formato plano, sem cobertura, devem ser medidos conforme a Figura 6, sendo a espessura da isolação medida na direção da outra veia como a metade da distância entre os condutores.

5.1.4.8 Em todos os casos, a primeira medição deve ser feita no ponto onde a camada isolante é mais fina.

5.1.4.9 Se a isolação contiver marcação em baixo relevo, esta não pode ser incluída nas medições feitas para o cálculo da espessura média. Em qualquer caso, a espessura na posição da marcação deve satisfazer o requisito de espessura mínima especificada na norma correspondente ao cabo.

5.1.4.10 As leituras devem ser feitas em milímetros, até a segunda casa decimal, se a espessura especificada for igual ou superior a 0,5 mm. Para espessuras especificadas inferiores a 0,5 mm, as leituras devem ser estimadas até três casas decimais.

5.1.5 Avaliação dos resultados das medições

5.1.5.1 Os resultados devem ser avaliados de acordo com os requisitos de ensaio especificados na norma correspondente ao cabo considerado.

5.1.5.2 No caso de ensaios mecânicos, o valor médio da espessura, δ , de cada corpo de prova [ver 6.1.4.2-a)] deve ser calculado a partir dos seis resultados obtidos com a medição desse corpo de prova.

5.2 Medição da espessura da cobertura não metálica

5.2.1 Generalidades

5.2.1.1 A medição da espessura da cobertura não metálica pode ser requerida como um ensaio individual ou como uma operação no procedimento para a realização de outros ensaios, como, por exemplo, determinação das propriedades mecânicas.

5.2.1.2 Este método de ensaio aplica-se à medição de todas as coberturas para as quais são especificados limites de espessura, como, por exemplo, capas de separação, bem como das coberturas externas.

5.2.1.3 Em cada caso, a seleção das amostras deve estar de acordo com o método indicado na norma correspondente ao cabo considerado.

5.2.2 Instrumentos de medição

Ver 5.1.2.

5.2.3 Preparação dos corpos de prova

5.2.3.1 Após a remoção de todos os materiais existentes internos e externos à cobertura, cada corpo de prova deve ser preparado cortando-se uma fatia fina da cobertura, ao longo de um plano perpendicular ao eixo longitudinal do cabo, utilizando-se um dispositivo adequado (matrizes, lâminas afiadas e outros).

5.2.3.2 Se a cobertura contiver marcação em baixo relevo, dando origem a uma redução local de espessura, o corpo de prova deve ser retirado de forma a incluir essa marcação.

5.2.4 Procedimento de medição

5.2.4.1 O corpo de prova deve ser posicionado sob o instrumento de medição, com o plano de corte perpendicular ao eixo óptico.

5.2.4.2 Quando o contorno interno do corpo de prova tiver forma circular, devem ser feitas seis medições radiais, como mostra a Figura 1.

5.2.4.3 Quando a superfície interna substancialmente circular não for regular ou lisa, devem ser feitas seis medições radialmente, nas posições em que a cobertura é mais fina, como mostra a Figura 7.

5.2.4.4 Quando o contorno interno apresentar sulcos profundos causados pelas veias, as medições radiais devem ser feitas no fundo de cada sulco, como mostra a Figura 8.

5.2.4.5 Quando o número de sulcos for superior a seis, aplica-se o procedimento descrito em 5.2.4.3.

5.2.4.6 A fim de eliminar a influência de qualquer irregularidade na superfície externa, que pode ser devida à presença de uma fita ou ao acabamento estriado da cobertura, as medições devem ser feitas como mostra a Figura 9.

5.2.4.7 No caso de cordões com formato plano, com cobertura, as medições devem ser feitas em linhas praticamente paralelas ao eixo menor e sobre o eixo maior da seção transversal, na posição de cada veia, sendo uma das medições, entretanto, feita no local mais delgado, como mostra a Figura 10.

5.2.4.8 Para cabos chatos com formato plano com cobertura compostos por até seis veias, as medições devem ser feitas como mostra a Figura 11 e:

- a) em ambos os lados arredondados, ao longo do maior eixo da seção transversal;
- b) em ambos os lados planos, sobre o primeira e a última veias e no local mais delgado (mais a espessura de cobertura oposta), se este não coincidir com alguma das outras medições.

5.2.4.9 Para cabos chatos com formato plano, compostos por mais de seis veias, aplica-se o disposto em 5.2.4.8, mas medições devem também ser feitas sobre a veia central ou sobre uma das duas veias centrais, no caso de número par de veias.

5.2.4.10 Em todos os casos, uma das medições deve ser feita no ponto onde a cobertura é mais fina.

5.2.4.11 Se a cobertura contiver marcação em baixo relevo, esta não pode ser incluída nas medições feitas para o cálculo da espessura média. Em qualquer caso, a espessura na posição da marcação em baixo relevo deve satisfazer o requisito mínimo especificado na norma correspondente ao cabo.

5.2.4.12 As leituras devem ser feitas em milímetros até a segunda casa decimal.



5.2.5 Avaliação dos resultados das medições

5.2.5.1 Os resultados devem ser avaliados de acordo com os requisitos de ensaio especificados na norma correspondente ao cabo considerado.

5.2.5.2 No caso de ensaios mecânicos, o valor médio da espessura, δ , de cada corpo de prova (ver 6.2.4) deve ser calculado a partir de todos os resultados das medições obtidas com esse corpo de prova.

5.3 Medição das dimensões externas

5.3.1 Generalidades

5.3.1.1 A medição das dimensões sobre a isolação das veias ou sobre a cobertura pode ser requerida como um ensaio individual ou como uma operação no procedimento para a realização de outros ensaios.

5.3.1.2 Os métodos descritos em 5.3.2 são utilizados para aplicação geral, exceto quando o procedimento para um ensaio particular especificar um método diferente ou alternativo.

5.3.1.3 Em cada caso, a seleção das amostras deve estar de acordo com o método indicado na norma correspondente ao cabo considerado.

5.3.2 Procedimento de medição

5.3.2.1 Para cordões e cabos com dimensões externas não superiores a 25 mm, a medição deve ser feita por meio de um micrômetro, um projetor de perfis ou um instrumento similar, em duas direções perpendiculares entre si.

5.3.2.2 Para medições feitas durante os ensaios de rotina, é permitido o uso de relógio comparador ou de paquímetro, tomando-se o cuidado de limitar a pressão aplicada.

5.3.2.3 Se o diâmetro for superior a 25 mm, a circunferência do cordão ou do cabo deve ser medida por meio de uma fita de medição, e o diâmetro deve ser calculado. Também pode ser usada uma fita graduada para a leitura direta do diâmetro.

5.3.2.4 Para cordões e cabos com formato plano, as medições devem ser feitas ao longo dos eixos maior e menor da seção transversal, por meio de um micrômetro, um projetor de perfis ou um instrumento similar.

5.3.2.5 Exceto se especificado diferentemente na norma correspondente ao cabo considerado, as leituras devem ser feitas em milímetros, até a segunda casa decimal, para dimensões de até 25 mm, inclusive, e até a primeira casa decimal estimada, para dimensões que excedam 25 mm.

5.3.3 Avaliação dos resultados das medições

Os resultados devem ser avaliados de acordo com os requisitos de ensaio especificados na norma correspondente ao cabo considerado.



6 Ensaios para a determinação das propriedades mecânicas dos compostos de isolamento e de cobertura

6.1 Compostos de isolamento

6.1.1 Generalidades

6.1.1.1 Estes ensaios destinam-se a determinar a resistência à tração e o alongamento à ruptura dos materiais isolantes (excluindo qualquer camada semicondutora existente) do cabo na condição após manufatura (isto é, sem qualquer tratamento de envelhecimento) e, quando requerido, após um ou mais tratamentos de envelhecimento acelerado, estabelecidos na especificação correspondente ao cabo.

6.1.1.2 Os métodos para realização de envelhecimento em estufa a ar, em bomba a ar e em bomba a oxigênio são especificados na ABNT NBR 17173-2:2024, Seção 5.

6.1.1.3 Os corpos de prova selecionados para o tratamento de envelhecimento devem ser retirados de posições adjacentes às dos corpos de prova utilizados para os ensaios sem envelhecimento. Os ensaios de tração em corpos de prova originais e envelhecidos devem ser realizados em sucessão imediata.

NOTA Quando for necessário aumentar a confiabilidade do ensaio, recomenda-se que os ensaios nos corpos de prova originais e envelhecidos sejam realizados pelo mesmo operador, usando o mesmo método de ensaio e a mesma aparelhagem, no mesmo laboratório.

6.1.2 Amostragem

6.1.2.1 Deve ser retirada uma amostra de cada veia a ser ensaiada (ou da isolamento de cada veia a ser envelhecida), em quantidade suficiente para fornecer um mínimo de cinco corpos de prova para os ensaios de tração sem envelhecimento e mais cinco corpos de prova para a realização dos ensaios de tração após cada tratamento de envelhecimento requerido, sendo necessários 100 mm de comprimento para a preparação de cada corpo de prova.

6.1.2.2 As veias de cordões com formato plano, não podem ser separadas.

6.1.2.3 Qualquer amostra que apresente sinais de danos mecânicos não pode ser usada para o ensaio.

6.1.3 Preparação e condicionamento dos corpos de prova

6.1.3.1 Corpos de prova tipo borboleta

6.1.3.1.1 Corpos de prova tipo borboleta devem ser usados sempre que possível. Eles devem ser preparados a partir de amostras de isolamento, retiradas do condutor por meio de corte na direção do eixo da veia.

6.1.3.1.2 As camadas semicondutoras, se existirem, internas e/ou externas à isolamento, devem ser removidas por meios mecânicos, isto é, sem uso de solvente.

6.1.3.1.3 Cada amostra de isolamento deve ser cortada em tiras com comprimento apropriado. As tiras devem ser marcadas para identificar a amostra da qual foram retiradas e as posições relativas entre elas na amostra original.



6.1.3.1.4 As tiras de isolamento devem ser polidas ou cortadas, de modo a se obterem duas superfícies paralelas lisas entre as marcas de referência mencionadas em 6.1.3.1.13, tomando-se cuidado para evitar aquecimento excessivo.

6.1.3.1.5 Um exemplo de aparelho para corte é apresentado no Anexo A.

6.1.3.1.6 Para isolamento de polietileno (PE) e polipropileno (PP), deve ser empregado somente o corte, e não o polimento.

6.1.3.1.7 Após o polimento ou corte, a espessura da tira não pode ser inferior a 0,8 mm nem superior a 2,0 mm. Se não puder ser obtida uma espessura de 0,8 mm da amostra original, admite-se uma espessura mínima de 0,6 mm.

6.1.3.1.8 Um corpo de prova tipo borboleta, conforme a Figura 12, ou, se possível, dois corpos de prova, um ao lado do outro, devem ser obtidos puncionando cada tira preparada com a isolamento.

6.1.3.1.9 A fim de aumentar a confiabilidade dos resultados, recomenda-se o seguinte:

- a) o estampo deve ser bem afiado para minimizar as imperfeições no corpo de prova;
- b) um papelão ou outro suporte adequado deve ser colocado entre a tira e a placa de base. Esse suporte deve resultar marcado durante o corte, mas não pode ser totalmente cortado pelo estampo;
- c) devem ser evitadas rebarbas nos lados do corpo de prova.

6.1.3.1.10 Para materiais cuja estampagem produza rebarbas, o seguinte método deve ser usado:

- a) cada extremidade do estampo deve possuir uma ranhura com 2,5 mm de largura por 2,5 mm de altura, aproximadamente (ver Figura 14);
- b) os corpos de prova tipo borboleta devem permanecer ligados, em ambas as extremidades, com a tira previamente preparada de acordo com os requisitos de 6.1.3.1 (ver Figura 15);
- c) com o aparelho de corte indicado no Anexo A, uma espessura adicional de 0,10 mm a 0,15 mm pode ser cortada, a fim de remover possíveis rebarbas resultantes da estampagem do corpo de prova tipo borboleta.

6.1.3.1.11 Quando essa operação tiver sido completada, os corpos de prova tipo borboleta devem ser cortados em suas extremidades, para destacá-los da tira.

6.1.3.1.12 Quando o diâmetro da veia for muito pequeno para permitir a utilização de corpos de prova tipo borboleta conforme a Figura 12, então deve ser cortado um corpo de prova pequeno, conforme a Figura 13, a partir de cada tira preparada.

6.1.3.1.13 Em cada corpo de prova, mediante dois traços, deve ser marcado um comprimento central de 20 mm, para o corpo de prova tipo borboleta, ou de 10 mm para o corpo de prova tipo borboleta pequeno, imediatamente antes do ensaio de tração.

6.1.3.1.14 Corpos de prova com extremidades incompletas são permitidos, desde que a ruptura ocorra entre as marcas de referência.

6.1.3.2 Corpos de prova tipo tubular

6.1.3.2.1 Corpos de prova tipo tubular devem ser usados somente quando a veia tiver dimensões tais que não permitam a preparação de corpos de prova tipo borboleta.

6.1.3.2.2 As amostras de veias devem ser cortadas em corpos de prova com aproximadamente 100 mm de comprimento e com o condutor e qualquer cobertura externa removidos, tendo-se o cuidado de não danificar a isolação.

6.1.3.2.3 Os corpos de prova tipo tubular devem ser marcados para identificar a amostra da qual eles foram retirados e as posições relativas entre eles nessa amostra.

6.1.3.2.4 A remoção cuidadosa do condutor pode ser facilitada por meio de um ou mais dos seguintes procedimentos:

- a) alongando os condutores sólidos;
- b) girando cuidadosamente a veia com pequena força mecânica;
- c) no caso de condutores encordoados ou flexíveis, removendo um ou mais feixes ou fios centrais.

6.1.3.2.5 Após a remoção do condutor, os separadores, se existirem, devem ser removidos. Em caso de dificuldade, um dos seguintes procedimentos pode ser usado:

- a) imersão em água, no caso de separadores de papel;
- b) imersão em álcool etílico, no caso de separadores de tereftalato de polietileno;
- c) rolagem da isolação sobre uma superfície lisa.

6.1.3.2.6 Devem ser marcados os 20 mm centrais de cada corpo de prova imediatamente antes do ensaio de tração.

6.1.3.2.7 A presença de pedaços de separador que permaneceram dentro do corpo de prova pode ser observada durante os ensaios de tração, pela formação de irregularidades no corpo de prova durante o alongamento.

6.1.3.2.8 Nesses casos, o resultado deve ser rejeitado.

6.1.3.3 Condicionamento dos corpos de prova

6.1.3.3.1 Antes do ensaio de tração, todos os corpos de prova devem ser protegidos de ação solar direta por pelo menos 3 h, a uma temperatura de $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, exceto para materiais isolantes termoplásticos, que devem ser mantidos a $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

6.1.3.3.2 Em caso de dúvidas e antes da preparação dos corpos de prova, os materiais ou tiras devem ser condicionados por 24 h, a $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, se nenhuma outra temperatura de condicionamento for indicada na norma correspondente ao cabo.

6.1.3.3.3 A temperatura não pode exceder a temperatura máxima de operação do condutor. Esse processo de condicionamento deve ser realizado antes da determinação das dimensões dos corpos de prova.



6.1.4 Determinação de seção transversal

6.1.4.1 Corpos de prova tipo borboleta

6.1.4.1.1 A área da seção transversal de cada corpo de prova é igual ao produto da largura comum aos corpos de prova e da espessura individual mínima medida, que devem ser determinadas conforme a seguir:

a) para a largura:

- a largura comum é a largura mínima de três corpos de prova, selecionados ao acaso;
- se existirem dúvidas sobre a uniformidade da largura, esta deve ser medida em três posições nas faces superior e inferior dos três corpos de prova. Deve ser calculada a média entre as medidas na face superior e na face inferior para cada uma das posições. A largura comum deve ser o valor mínimo dos nove valores médios determinados nos três corpos de prova;
- se a dúvida persistir, a largura é medida em cada corpo de prova individualmente;

b) para a espessura:

- a espessura de cada corpo de prova é o valor mínimo de três medições realizadas na área útil entre as marcas de referência.

6.1.4.1.2 As medições devem ser realizadas por meio de instrumento óptico ou de micrômetro com pressão de contato que não exceda 0,07 N/mm².

6.1.4.1.3 O instrumento deve ser capaz de medir a espessura com um erro não superior a 0,01 mm e a largura com um erro não superior a 0,04 mm.

6.1.4.1.4 Em caso de dúvida, quando tecnicamente possível, um instrumento óptico deve ser usado.

6.1.4.1.5 Alternativamente, pode ser usado um micrômetro com pressão de contato máxima de 0,02 N/mm².

NOTA Um micrômetro com ponta de contato esférica pode ser usado, desde que a parte central do corpo de prova tipo borboleta conserve a curvatura da amostra original.

6.1.4.2 Corpos de prova tipo tubular

6.1.4.2.1 Da amostra que está sendo usada para preparar os corpos de prova, retirar um pedaço central para a determinação da seção transversal A, em milímetros quadrados, do corpo de prova, por um dos seguintes métodos. Em caso de dúvida, o método descrito na alínea b) deve ser utilizado.

a) a partir das dimensões, conforme a seguinte equação:

$$A = \pi(D - \delta) \cdot \delta$$

onde

- δ é o valor médio da espessura da isolamento, expresso em milímetros (mm), determinado conforme especificado na Seção 5 e arredondado para duas casas decimais (ver 5.1.4.10);
- D é o valor médio do diâmetro externo do corpo de prova, expresso em milímetros (mm), determinado conforme especificado em 5.3.2.3 e arredondado para duas casas decimais;



- b) a partir da densidade de massa, do comprimento e da massa, conforme a seguinte equação:

$$A = \frac{1000m}{d \times l}$$

onde

- m é a massa do corpo de prova, expressa em gramas (g), medida com três casas decimais;
- l é o comprimento, expresso em milímetros (mm), medido com uma casa decimal;
- d é a densidade de massa, medida de acordo com a ABNT NBR 17173-3:2024, Seção 5, em uma amostra adicional da mesma isolação (sem envelhecimento), expressa em gramas por centímetro cúbico (g/cm³), com três casas decimais;

- c) a partir do volume e do comprimento, pela seguinte equação. O volume deve ser determinado por imersão do corpo de prova em álcool etílico.

$$A = \frac{V}{l}$$

onde

- V é o volume, expresso em milímetros cúbicos (cm³), medido com três casas decimais;
- l é o comprimento, expresso em milímetros (mm), medido com uma casa decimal.

6.1.4.2.2 Deve-se tomar o cuidado para evitar bolhas de ar no corpo de prova durante a imersão.

6.1.4.3 Corpos de prova para envelhecimento

Para corpos de prova que se destinem ao envelhecimento, a seção transversal deve ser determinada antes do tratamento térmico, a menos que a isolação deva ser envelhecida na presença do condutor.

6.1.5 Tratamento de envelhecimento

Cada tratamento requerido deve ser realizado em cinco corpos de prova (ver 6.1.2), conforme a ABNT NBR 17173-2:2024, Seção 5, nas condições especificadas na norma correspondente ao tipo de cabo.

6.1.6 Procedimento de ensaio de resistência à tração

6.1.6.1 Temperatura de ensaio

O ensaio deve ser realizado a uma temperatura de 23 °C ± 5 °C. Em caso de dúvida, o ensaio de isolação termoplástica deve ser realizado a 23 °C ± 2 °C.

6.1.6.2 Distância entre as garras e velocidade de separação

6.1.6.2.1 As garras da máquina para ensaio de tração podem ser do tipo autotravável ou não.

6.1.6.2.2 A distância total entre as garras deve ser de cerca de:

- a) 34 mm, para os corpos de prova tipo borboleta conforme Figura 13;



- b) 50 mm, para os corpos de prova tipo borboleta conforme Figura 12;
- c) 50 mm, para os corpos de prova tipo tubular ensaiados com garras de tipo autotravável;
- d) 85 mm, para os corpos de prova tipo tubular ensaiados com garras não autotraváveis.

6.1.6.2.3 A velocidade de separação das garras, exceto para isolações de PE e PP, deve ser de 250 mm/min \pm 50 mm/min e, em caso de dúvidas, de 25 mm/min \pm 5 mm/min.

6.1.6.2.4 Para PE e PP, ou para isolações contendo esses materiais, a velocidade de separação deve ser de 25 mm/min \pm 5 mm/min, mas, para ensaios de rotina, são permitidas velocidades de separação de até 250 mm/min \pm 50 mm/min.

6.1.6.3 Medições

6.1.6.3.1 Deve-se medir e registrar a força máxima de tração durante o ensaio e medir a distância entre as marcas de referência no momento da ruptura, no mesmo corpo de prova.

6.1.6.3.2 Devem ser ignorados os resultados insatisfatórios, devidos à ruptura de qualquer corpo de prova danificado pelas garras. Neste caso, pelo menos quatro resultados válidos devem ser obtidos, a fim de calcular a resistência à tração e o alongamento à ruptura; caso contrário, o ensaio deve ser repetido.

6.1.7 Expressão dos resultados

6.1.7.1 Calcular a resistência à tração e o alongamento à ruptura de acordo com as definições dadas em 3.3 e 3.1, respectivamente.

6.1.7.2 Deve-se determinar o valor mediano dos resultados obtidos.

6.2 Compostos de cobertura

6.2.1 Generalidades

6.2.1.1 Estes ensaios destinam-se a determinar a resistência à tração e o alongamento à ruptura dos materiais de cobertura do cabo na condição após manufatura e, quando requerido, após um ou mais tratamentos de envelhecimento acelerado.

6.2.1.2 Quando for necessário realizar o tratamento de envelhecimento em corpos de prova preparados conforme a ABNT NBR 17173-2:2024, 5.1.3, ou conforme a ABNT NBR 17173-5:2024, Seção 7, os corpos de prova para o tratamento devem ser retirados de posições adjacentes às daqueles usados para o ensaio sem tratamento, e os ensaios de tração nos corpos de prova originais e envelhecidos devem ser feitos em sucessão imediata.

NOTA Quando for necessário aumentar a confiabilidade do ensaio, recomenda-se que os ensaios nos corpos de prova envelhecidos e não envelhecidos sejam realizados pelo mesmo operador, usando o mesmo método de ensaio e a mesma aparelhagem, no mesmo laboratório.

6.2.2 Amostragem

6.2.2.1 Deve ser retirada uma amostra do cabo ou cordão a ser ensaiado, ou da cobertura removida do cabo, com dimensões suficientes para fornecer um mínimo de cinco corpos de prova para o ensaio de tração sem envelhecimento e o número requerido para os ensaios de tração após cada

envelhecimento especificado para o material da cobertura previsto na norma correspondente ao cabo em questão, sendo necessários cerca de 100 mm para a preparação de cada corpo de prova.

6.2.2.2 Não utilizar qualquer amostra que apresente sinais de danos mecânicos.

6.2.3 Preparação e condicionamento dos corpos de prova

6.2.3.1 Os corpos de prova devem ser preparados a partir de amostras com cobertura da mesma maneira que a especificada em 6.1.3 para a isolação.

6.2.3.2 Para a preparação de corpos de prova tipo borboleta, uma tira deve ser cortada na direção do eixo do cabo. Todos os outros componentes do cabo devem ser removidos da tira. Se a tira possuir estrias ou impressões, estas devem ser removidas por corte ou polimento. Para PE ou PP e materiais associados, somente o corte é permitido.

NOTA Para coberturas de PE, a espessura dos corpos de prova tipo borboleta não precisa ser reduzida a 2,0 mm, quando sua espessura total for maior, desde que os corpos de prova tenham ambas as superfícies lisas.

6.2.3.3 Para a preparação de corpos de prova tipo tubular, devem ser removidos todos os componentes do cabo internos à cobertura, incluindo veias, enchimentos e capa interna.

6.2.3.4 Para o condicionamento dos corpos de prova, ver 6.1.3.3.

6.2.4 Determinação da seção transversal

A área da seção transversal de cada corpo de prova deve ser determinada pelo mesmo método especificado em 6.1.4 para a isolação, com as seguintes modificações para os corpos de prova tipo tubular:

- a espessura e o diâmetro da cobertura, medidos de acordo com a Seção 5, com particular referência a 5.2.4 para a espessura e a 5.3.2 para o diâmetro, devem ser usados para a aplicação do método descrito em 6.1.4.2-a);
- a densidade de massa deve ser medida em um pedaço adicional da mesma cobertura, para o método descrito em 6.1.4.2-b).

NOTA Recomenda-se não utilizar o método descrito em 6.1.4.2-b) para materiais com camadas múltiplas.

6.2.5 Tratamento de envelhecimento

Cada envelhecimento requerido deve ser realizado em cinco corpos de prova (ver 6.2.2) de acordo com a ABNT NBR 17173/2:2024, Seção 5, sob as condições especificadas na norma correspondente ao tipo particular de cabo.

6.2.6 Ensaio de resistência à tração

Este ensaio deve ser conforme descrito em 6.1.6.

6.2.7 Expressão dos resultados

Os resultados devem ser expressos conforme 6.1.7.

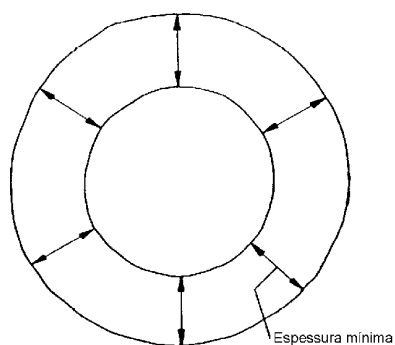


Figura 1 – Medição da espessura da isolação e da cobertura (contorno interno circular)

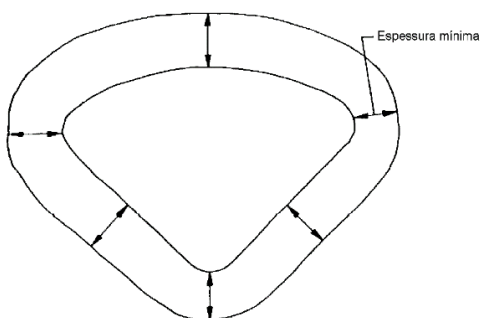


Figura 2 – Medição da espessura da isolação (condutor com formato setorial)

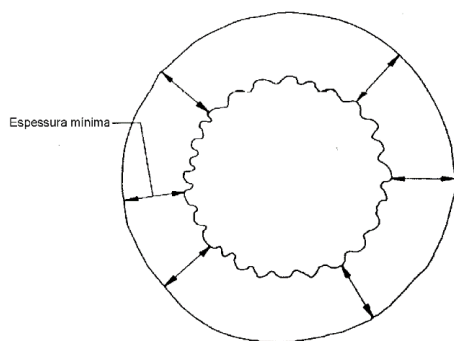


Figura 3 – Medição da espessura da isolação (condutor encordado)

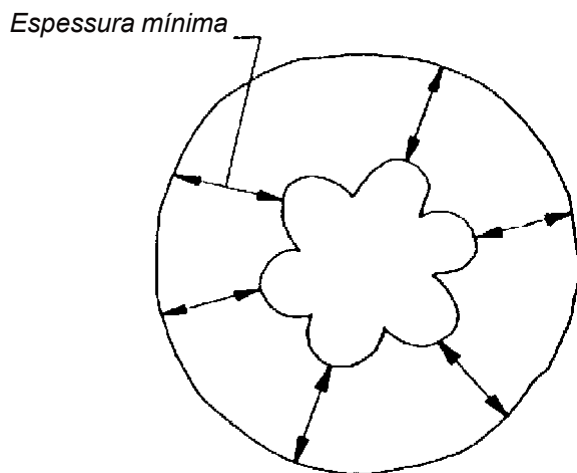


Figura 4 – Medição da espessura da isolação (condutor encordado)

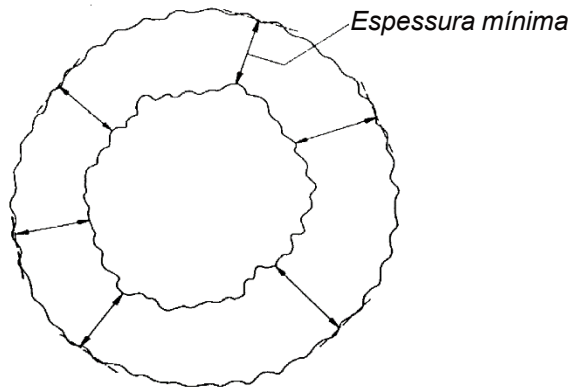


Figura 5 – Medição da espessura da isolamento (superfície externa irregular)

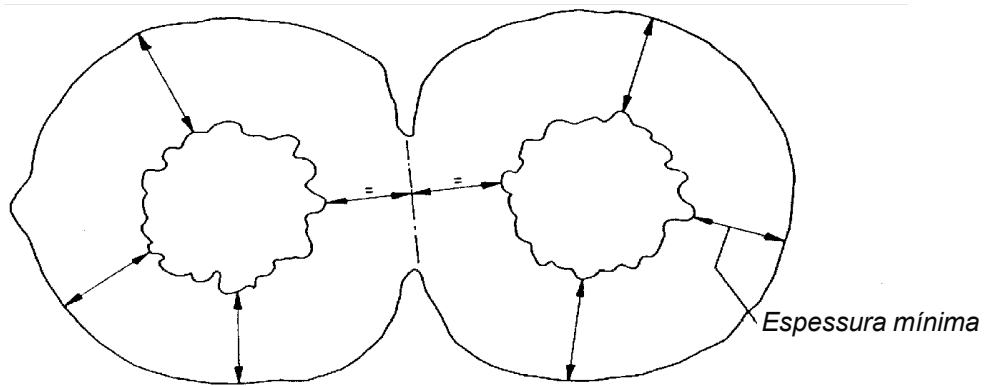


Figura 6 – Medição da espessura da isolamento
(cordão com formato plano, sem cobertura, com dois condutores)

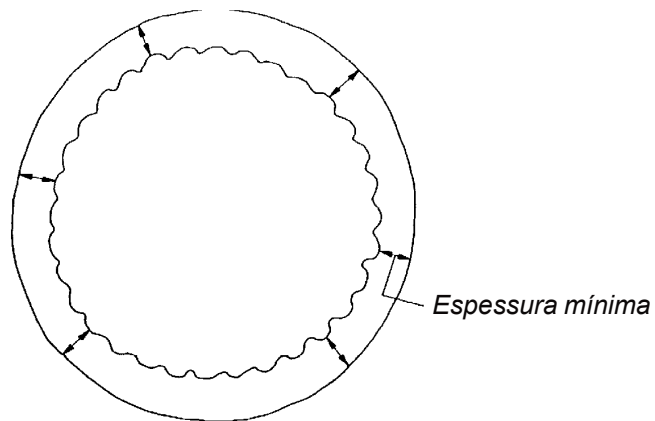


Figura 7 – Medição da espessura da cobertura (contorno interno circular irregular)

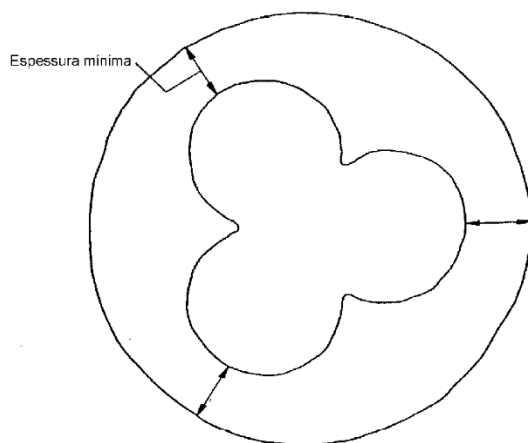


Figura 8 – Medição da espessura da cobertura (contorno interno não circular)

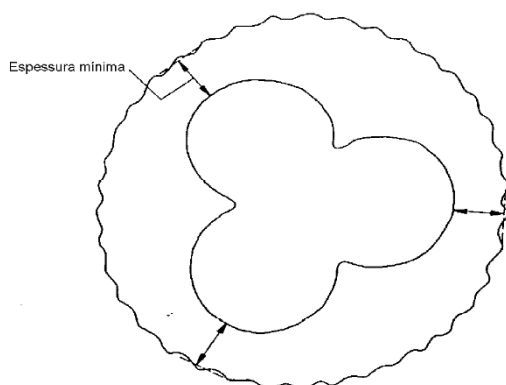


Figura 9 – Medição da espessura da cobertura (superfície externa irregular)

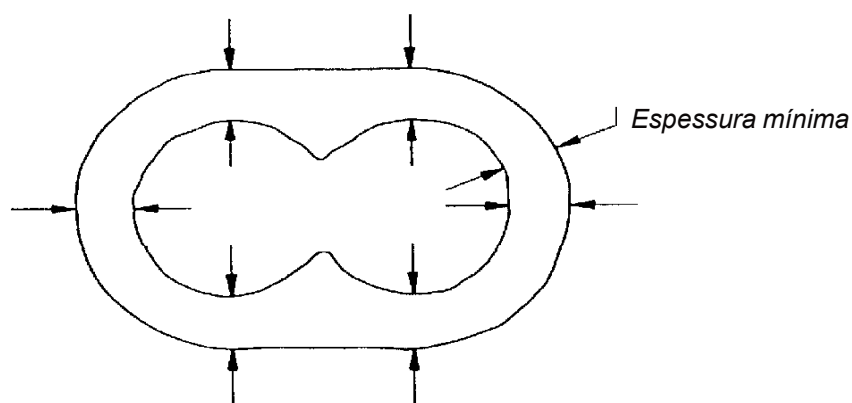


Figura 10 – Medição da espessura da cobertura
(cordão com formato plano, com dois condutores, com cobertura)

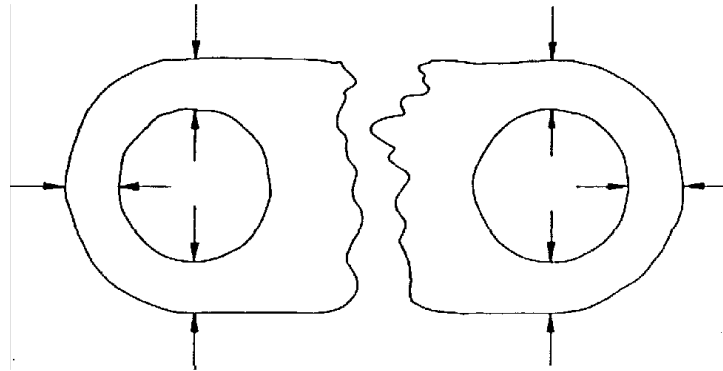


Figura 11 – Medição da espessura da cobertura
(cabo chato, formato plano, com veias separadas)

Dimensões em milímetros

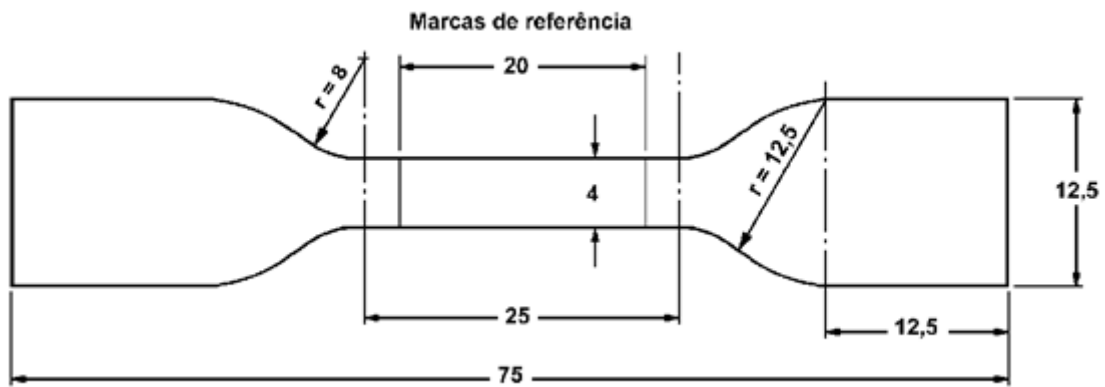


Figura 12 – Corpo de prova tipo borboleta

Dimensões em milímetros

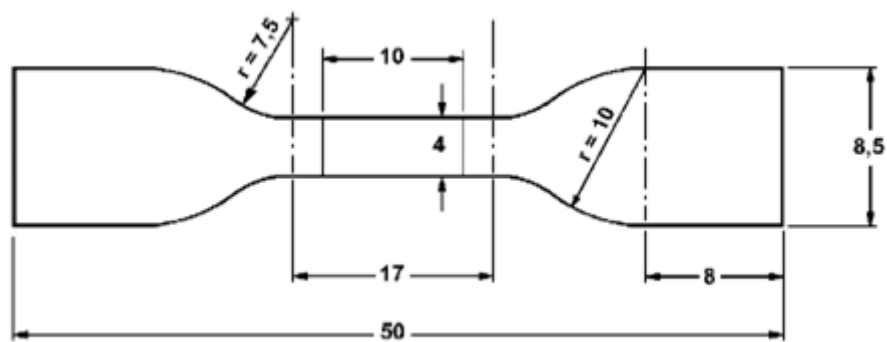


Figura 13 – Corpo de prova tipo borboleta pequeno

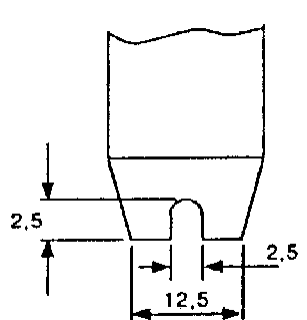


Figura 14 – Extremidade do estampo mostrando a ranhura

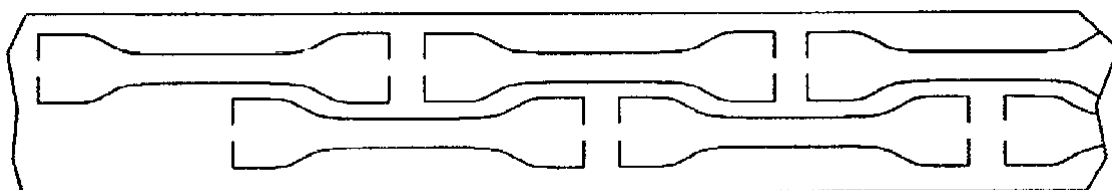


Figura 15 – Corpos de prova cortados com estampo ranhurado

Anexo A (informativo)

Princípio de funcionamento de um equipamento típico para a preparação de corpos de prova

Para o procedimento exemplificado da Figura A.1, dois cilindros, sendo um feito de aço e parcialmente ranhurado (A) e o outro, de aço recoberto com borracha (B), forçam a tira (C) contra uma lâmina, fixa ou móvel, com gume corretamente afiado (D), com qualidade de bisturi cirúrgico.

A tira deve ser cortada longitudinalmente em duas partes: a parte (E) da qual são cortados os corpos de prova e a parte (F) que é rejeitada.

NOTA A espessura da parte (F) pode ser limitada a 0,1 mm, se necessário. Com esse objetivo, recomenda-se observar o comportamento do material preparado e a manutenção do fio da lâmina.

Quando a tira (C) possuir marcas de laceração ou arranhaduras que possam provocar uma ruptura prematura, é recomendável que a parte (F) seja removida e rejeitada em ambas as faces da tira.

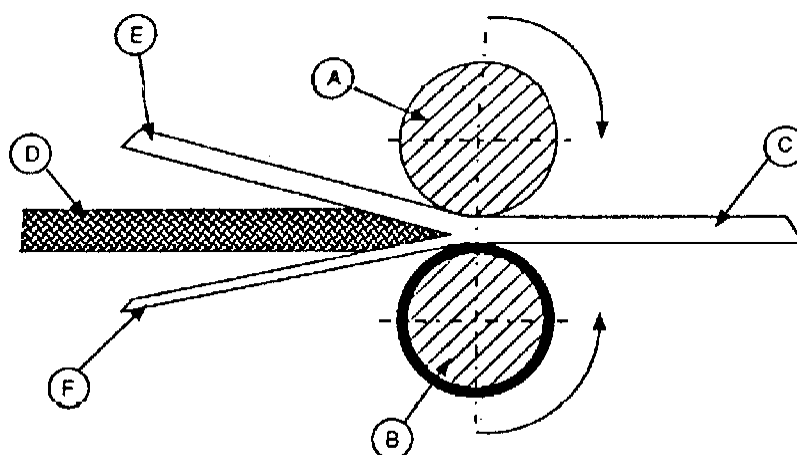


Figura A.1 – Exemplo de aparelho de corte