



AVALIAÇÃO DA PERFORMANCE DE CURA DO ADESIVO PLÁSTICO QUANDO EXPOSTO A ALTAS TEMPERATURAS

EVALUATION OF THE CURE PERFORMANCE OF THE PLASTIC ADHESIVE WHEN EXPOSED AT HIGH TEMPERATURES

Luis Antonio BETT¹, Valdecir PEREIRA¹, Elson MARTINS¹.

¹Faculdade de Tecnologia Assessoritec, Matriz – Rua Marquês de Pombal, 287 – Iririu, Joinville – SC, 89227-110.

Recebido: 07/05/2018 – Aprovado: 22/09/2018.

RESUMO

As interações existentes entre as peças injetadas e extrudadas com o ensaio de exposição ao fogo, são associadas às propriedades físicas, de acordo, com o método adotado para obtenção das peças. Neste trabalho é abordado um estudo sobre a influência da temperatura de cura dos adesivos quando soldados em tubulações plásticas, verificando o comportamento das mesmas, quando submetida ao ensaio de exposição ao Fogo. A partir da soldagem de tubulações com menor e maior temperatura de cura do adesivo, são realizados ensaios físicos, à cerca de, comparando os fenômenos que resultam a qualificação do item ao ensaio requerido pela norma NBR 15647:2008. Além disso, são comparados os resultados dos ensaios de resistência à tração, comprovando a partir deste, a influência da temperatura de cura para aumentar a resistência no ensaio de exposição ao fogo.

Palavras-chave: Qualidade, materiais plásticos, exposição ao fogo.

ABSTRACT

The interactions between the injected and extruded parts with the fire exposure test are associated with the physical properties, according to the method adopted to obtain the parts. In this work, a study on the influence of the curing temperature of the adhesives when welded in plastic pipes is verified, verifying the behavior of the same, when submitted to the test of exposure to Fire. From the welding of pipes with lower and higher cure temperature of the adhesive, physical tests are performed, about, comparing the phenomena that result in the qualification of the item to the test required by NBR 15647: 2008. In addition, the results of tensile strength tests, comparing the influence of the curing temperature to increase the resistance in the fire test, are compared.

Keywords: Quality, plastic materials, exposure to fire.

1. INTRODUÇÃO

A indústria de materiais hidráulicos está em constante desenvolvimento no intuito de que seus produtos sejam mais seguros, duráveis e, ainda proporcione economia. Para alcançar essas metas são necessárias melhorias nas propriedades de resistência mecânicas quando expostos em ambientes mais agressivos.

O estudo, descrito no decorrer do trabalho, trata-se da análise sobre a temperatura de cura e sua influência para o atendimento do ensaio de exposição ao fogo preconizado na norma NBR15647:2008. Para sequência da análise, será observada, a transformação da matéria prima Poli (Cloro de Vinila Clorado), CPVC, pelo processo de injeção utilizando os moldes dos itens Tê 1', Luva 1.1/2' e adaptador 1' com a máquina injetora CLF 500TX, e pelo processo de extrusão o tubo na bitola de 1' e 1.1/2' com a máquina extrusora MAPLAN 92-26 500KG/H. Posteriormente a soldagem dos produtos com o adesivo específico comparando os resultados com a temperatura de cura atual e com os parâmetros modificados. Assim, as tubulações com as modificações na temperatura de cura do adesivo, foram submetidas ao ensaio de exposição ao fogo para avaliação dos sistemas, que contribuíram para obtenção da conformidade no ensaio de exposição ao fogo conforme método prescrito na norma NBR 15647:2008, aplicável a tubulações de CPVC moldadas por injeção e extrusão e através do ensaio de resistência à tração foi verificado a interferência da resistência da soldagem.

Além disso, este trabalho tem como objetivo elaborar uma análise com base na fundamentação teórica sobre o processo de transformação de plásticos por injeção e extrusão para aplicação de parâmetros ideais, bem como o comportamento dos adesivos plásticos com o objetivo de qualificar e comparar as tubulações quando submetidas aos ensaios propostos.

Portanto a realização deste estudo se justifica pela necessidade de conhecimento técnico sobre a performance dos produtos quando submetidos a situações extremas como incêndios e outras intempéries. Além de ser parte obrigatória para qualificar os produtos, tubos e conexões de CPVC para sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos. Para finalizar o trabalho foi realizada uma análise minuciosa dos dados apresentados durante os ensaios e apresentação dos resultados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceito qualidade

Existem várias definições de qualidade. Atualmente, o mais aceito no mercado de trabalho, define qualidade como forma de atender através de produtos ou serviços os requisitos esperados pelos clientes. “Gerir Qualidade significa garantir que os produtos e serviços sejam adequados ao uso a que se destinam”. (PALADINI, 2008)

Qualidade passa a ter um novo conceito que é a adequação do produto a satisfação do cliente.

Como contabilidade e marketing, qualidade tornou-se um elemento importante do gerenciamento moderno. Nos tempos anteriores a revolução industrial, os artesões utilizavam alguns conceitos que são a base para a qualidade do produto, como o atendimento as necessidades do cliente, com foco no produto e não no processo. Porém não existia o conhecimento da importância das ferramentas que trazem para o produto a confiabilidade e a conformidade esperada pelo consumidor (FEIGENBAUM, 1994, p.18).

Ainda vale ressaltar que dentro desse tema, existe uma grande importância no que se refere ao planejamento da qualidade na gestão dos produtos visando garantir que todos os meios de produção e a capacidade de produzir produtos que atendam às necessidades e expectativas dos clientes (JURAN, 1990).

E é evidente que quanto mais cuidadoso é realizado o desenvolvimento de um produto, menor serão os problemas relacionados a qualidade e o lançamento. E muito pior do que fazer adequações depois do lançamento, que são muito caras, os custos gerados por problemas que chegam ao campo geralmente são impalpáveis como efeito da insatisfação do cliente.

Em tudo isso é observado a importância de um bom planejamento da qualidade, para diminuir as insatisfações dos clientes, evitando prejuízos após o lançamento do produto. O planejamento da qualidade é um dos três processos gerenciais básicos segundo JURAN (1994), juntamente com o controle da qualidade e a melhoria da qualidade que são essenciais para que se tenha êxito em um projeto.

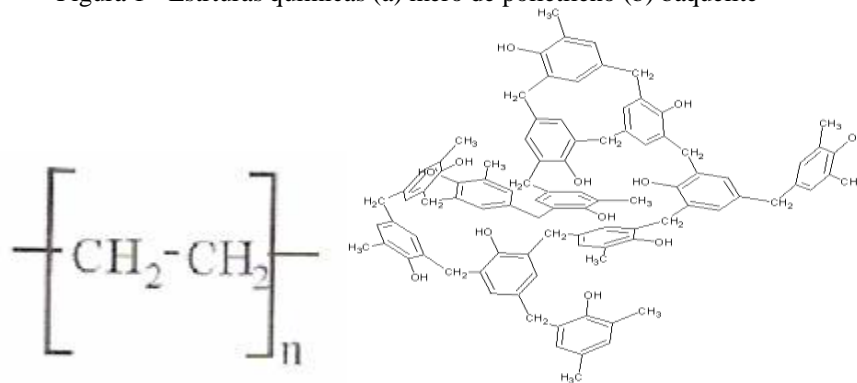
2.2 Materiais plásticos

Materiais plásticos são compostos de resinas naturais ou sintéticas que, por pressão e calor, podem fluir sendo moldados. A definição oficial de “materiais plásticos”, divulgada pela SPE – Society of Plastics Engineers, dos EUA, é a seguinte, um grande e variado grupo de materiais, que consiste ou contém como ingrediente essencial uma substância de alto peso molecular, que é sólida no estado final, e que em algum estágio de sua manufatura é suficientemente mole para ser moldado em várias formas, muito usualmente através da aplicação (sejam separadas ou juntas) de calor e pressão. (HARADA, 2004).

Os plásticos também podem ser definidos como material polimérico de alta massa molar, sólido como produto acabado, que pode ser subdividido em termoplásticos e termo fixos. Termoplásticos possuem a capacidade de amolecer e fluir quando sujeito a um aumento de temperatura e pressão, e ao retirar estes, o polímero solidifica-se em um produto com formas definidas, podendo ser novamente moldados com aplicação de temperatura e pressão, sendo assim, são fusíveis, solúveis e recicláveis. Termofixos são plásticos que amolecem uma vez com aquecimento sofre o processo de cura no qual se tem uma transformação química irreversível, com a formação de ligações cruzadas, tornando-se rígido, posteriores aquecimentos não alteraram seu estado físico, ou seja, não amolece mais, tornando-se infusível e insolúvel. (CANEVAROLO, 2002)

Nas Figuras 1 (a) e (b) , podem-se observar as diferenças entre as estruturas químicas de cada material polimérico, ligações químicas do termoplástico polietileno e do termofixo baquelite obtido pela polimerização de um fenol com formaldeído.

Figura 1 - Estruturas químicas (a) mero de polietileno (b) baquelite



Fonte: RODOLFO et al, 2006

2.3 Fundamentos reológicos de polímeros fundidos

Reologia é a ciência que estuda o comportamento do fluxo de escoamento e a deformação reversível ou irreversível dos diferentes materiais sólidos plásticos, visco elásticos, elásticos e viscosos, e as inter-relações da força e seus efeitos.

Conforme Bretas e D'Ávila (2005, p. 19), conceitua reologia como:

É a ciência que estuda o fluxo e a deformação da matéria por meio da análise, entre outras, das respostas (na forma de deformações ou tensões) de um material à aplicação de uma tensão ou de uma deformação, sendo que a matéria pode estar nos estados líquido, sólido ou gasoso.

A descrição fenomenológica das propriedades reológicas de um polímero tem por base a definição de três tipos ideais de materiais: materiais viscosos (os quais durante a deformação dissipam todo o trabalho externo aplicado), materiais elásticos (os quais armazenam todo o trabalho externo aplicado) e os materiais visco elásticos (os quais dissipam uma parte, e armazena outra parte, de todo o trabalho externo aplicado). Os materiais poliméricos sólidos, fundidos ou em solução, podem ser considerados como um tipo especial de material, já que apresentam ao mesmo tempo respostas características de materiais viscosos e elásticos. Essa propriedade é conhecida como viscoelasticidade e é inerente aos materiais de elevado peso molecular, como os polímeros (BRETAS E D'ÁVILA, 2005).

2.4 Moldagem por injeção

O objetivo de toda moldagem por injeção é obter peças de boa qualidade em alto ritmo de produção. Durante esse processo, vários problemas podem surgir com qualquer termoplástico, principalmente quando se inicia a produção com um novo molde. Também podem acontecer problemas quando se instala um mesmo molde em máquinas diferentes ou quando se troca o material plástico.

Os defeitos de moldagem podem ser causados pelo uso impróprio da máquina, Estes três fatores (molde, material e máquina), devem ser considerados quando se procura eliminar defeitos e obtiver condições ótimas de injeção. (HARADA, 2004).

Figura 2 - Máquina injetora de plásticos BATTENFELD



Fonte: Primaria (2014)

A máquina utilizada no processo de moldagem é denominada injetora, a qual é formada por um sistema capaz de homogeneizar e injetar o polímero fundido por rosca recíproca acionada através de sistemas mecânicos, elétricos, pneumáticos e/ou hidráulicos, também composta de canhão, que contém em seu interior a rosca recíproca, mantas elétricas capazes de aquecer o canhão e, por conseguinte, transmitir calor ao polímero, faz-se necessário um molde capaz de dar a forma à massa polimérica, sendo essa injetada no interior do molde sob alta pressão e com velocidade controlada, onde o mesmo molde deve ser capaz de gerar o resfriamento do produto de forma adequada através de fluidos que circulam no seu interior e, finalmente, este possui um mecanismo para executar a ejeção da peça acabada ao se abrir (MANRICH, 2005).

2.5 Extrusão de termoplástico

Existem dois tipos principais de extrusora, onde a diferença entre elas reside no tipo de construção do cilindro, são elas: extrusora mono-rosca e dupla-rosca, onde geralmente a dupla-rosca é usada para extrusão de materiais como PVC, que necessita de eliminação de gases no processo, e também facilita na mistura dos aditivos com o material plástico, sem exigir em demasia o material mecânica ou termicamente (MICHAELI 1995).

Os componentes básicos de uma extrusora consistem em: funil de alimentação, resistências elétricas, cilindro de plastificação, rosca, matriz ou cabeçote (MICHAELI 1995).

2.6 Adesivos termoplásticos

Adesivos vinílicos são obtidos pela dissolução de resinas de PVC em uma mistura de solventes. Em geral são utilizados copolímeros vinílicos, preferidos aos homopolímeros em função das melhores características de solubilidade.

A formulação de adesivos vinílicos inclui entre 15 e 20% de resina (denominados “sólidos”), e o restante é uma mistura de solventes. Um dos solventes deve exibir alta capacidade de dissolução da resina vinílica, sendo normalmente baseado em cetonas como metil etil cetona, metil isobutil cetona ou ciclohexanona, enquanto os demais solventes são baseados em hidrocarbonetos como o toluol e o xilol.

Esses solventes são denominados “solventes de enchimento” e se destinam a controlar a taxa de evaporação do adesivo, bem como reduzir o custo da formulação. A preparação dos adesivos se dá em duas fases distintas, por meio de misturadores intensivos fechados para evitar perda dos solventes para a atmosfera:

- a) mistura da resina com o solvente principal, seguida da dissolução da mesma. Esse processo é normalmente realizado à temperatura ambiente.
- b) adição dos solventes de enchimento à resina previamente dissolvida no solvente principal (BRASKEM 2006).

2.7 Ensaio laboratoriais

Ao realizar todo o desenvolvimento de um projeto, que existem várias etapas, exige a necessidade de verificação do comportamento do material plástico devido às variações no comportamento do produto quando submetido ao ensaio de exposição ao fogo, sendo assim, também podendo ser explicados por possíveis análises laboratoriais. Algumas técnicas podem ser mencionadas para tais verificações, como: resistência à tração e pressão hidrostática interna. (CANEVAROLO, 2002).

2.7.1 Resistência à Tração

O ensaio de resistência à tração tem como objetivo determinar a tensão limite de escoamento e do alongamento na ruptura de uma amostra termoplástica, quando submetido a um esforço de tração.

Para um melhor entendimento segue as definições de tensão de tração, resistência à tração, alongamento e limite de escoamento:

- a) Tensão de tração - Tensão suportada pelo corpo de prova em qualquer instante do ensaio. É igual à carga de tração dividida pela área da seção reta mínima inicial da parte calibrada, é expressa em Mpa;

- b) Resistência à tração - Tensão da tração suportada pelo corpo de prova num determinado instante do ensaio de superfície da seção reta mínima inicial da parte calibrada, é expressa em N/m²;
- c) Alongamento - aumento da distância entre as marcas de referência, na parte calibrada do corpo de prova, em relação à distância inicial entre as marcas de referência produzidas por uma carga de tração, expresso em porcentagem;
- d) Limite de escoamento - Primeira tensão em um material a qual, pode ser menor do que a máxima tensão alcançável, na qual um aumento na deformação ocorre sem aumento da tensão.

2.7.2 Ensaio de Resistência ao Fogo

Os tubos e conexões de CPVC, quando submetidos ao ensaio de resistência à exposição ao fogo, de acordo com o item 3.2.2, não devem romper, separar ou vazar e devem manter o chuveiro automático de incêndio na posição operacional pretendida. O produto deve ser submetido à exposição ao fogo por um período de 10 minutos com uma chama produzida pelo líquido específico do ensaio (N-heptano). Em cada extremidade dos corpos de prova deve ser instalado um chuveiro automático com temperatura de rompimento de 68°C.

Após o ensaio de exposição ao fogo, os tubos e conexões devem ser submetidos ao ensaio de resistência à pressão hidrostática e devem resistir a uma pressão hidrostática interna de 1,21 MPa por um período de 5 min sem apresentar ruptura, vazamento ou deslocamento das conexões em relação ao tubo.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O desenvolvimento ocorreu de forma construtiva pela pesquisa experimental, que tem como objetivo confrontar diretamente as modificações na temperatura de cura do adesivo específico.

O estudo de caso foi realizado com o objetivo de encontrar os fatores que mais influenciavam para um melhor desempenho dos conjuntos oriundos dos processos de injeção e extrusão e posteriormente colados e submetidos a ensaios de resistência. Os dados referentes aos ensaios de resistência à tração e resistência ao fogo foram coletados para verificar em qual situação os conjuntos possuem melhor resultado.

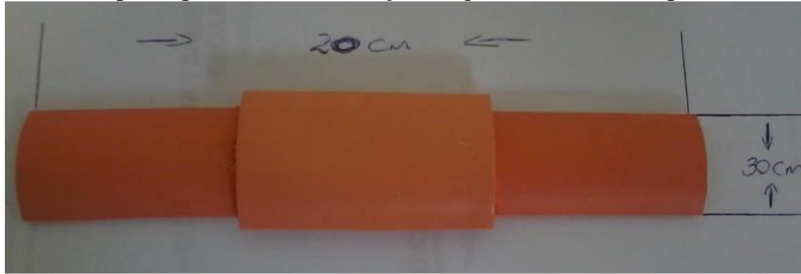
Como referência para coleta de dados utilizou-se os valores obtidos através do equipamento de resistência à tração para verificar em qual situação os conjuntos possuem maior resistência. Com base nesses resultados, foi realizado o ensaio de exposição ao fogo para verificar em qual situação os conjuntos teriam um maior tempo de resistência ao fogo até que ocorresse o vazamento. Nesse trabalho serão realizados testes físicos, para verificar as relações existentes entre as variáveis envolvidas no processo de soldagem para conformidade no ensaio de exposição ao fogo.

Como método científico será aplicado dedutivamente à análise do problema geral, para o específico, sendo assim, explicado o conteúdo das premissas formuladas e, então, obter-se-á uma conclusão de caráter explicativo para o estudo comparativo realizado.

3.1 Resistência a Tração

Tem como objetivo especificar o método pelo qual deve ser feito o ensaio para determinação da tensão limite de escoamento e do alongamento na ruptura de uma amostra termoplástica, quando submetido a um esforço de tração. Os corpos de prova de CPVC foram cortados, na mesma direção, longitudinalmente em 4 partes utilizando-se da conexão Luva 1.1/2' e Tubo 1.1/2'. As dimensões dos corpos de prova foram retiradas de acordo com a Figura 3.

Figura 3 - Corpo de prova ensaio de tração, largura = 20cm e comprimento = 30cm



Os corpos de prova foram divididos em dois grupos de amostras: o primeiro grupo condicionado por 24 horas à temperatura ambiente 23°C. E com o auxílio de uma estufa os corpos de prova do segundo grupo foram colocados na temperatura de 60°C, sendo que os corpos de prova foram identificados e mensurados quanto à espessura e largura dos mesmos. A Figura 4 mostra os corpos de prova preparados para os ensaios.

Figura 4 - Corpo de provas preparados para o ensaio



Assim, foram inseridos os dados de espessura e largura (menor valor encontrado), bem como os parâmetros de ensaio no software da máquina universal de ensaios (EMIC).

Efetuar-se os procedimentos para inicialização da máquina de ensaios, conforme manual da mesma. Colocaram-se os corpos de prova na máquina de ensaio tomando a precaução de alinhar o eixo do corpo de prova e o da garra com uma linha imaginária, ligando os pontos de junção das garras/dispositivo de fixação à máquina. Fecharam-se as garras de maneira uniforme e suficientemente forte para evitar um deslizamento dos corpos de prova, sem, entretanto, esmagá-los. Zeraram-se os parâmetros de carga, deformação e posição, da máquina de ensaios, conforme manual da

mesma. Iniciou-se o ensaio, registrando para cada corpo de prova, a força máxima e força de ruptura dos corpos de prova respectivamente. A figura 5 mostra a máquina de ensaio universal executando o procedimento.

Figura 5 - Máquina para ensaio de tração



O relatório de ensaio consta, as seguintes informações:

- a) Identificação completa do corpo de prova;
- b) Número de corpos de prova submetidos ao ensaio;
- c) Velocidade do ensaio;
- d) Força Máxima;
- e) Força na ruptura.

3.2 Resistência ao Fogo

Tem como objetivo especificar o método pelo qual deve ser feito o ensaio para verificação da resistência ao fogo conforme método proveniente da norma NBR 15647:2008. Os corpos de prova foram cortados e soldados utilizando-se da conexão Tê 1' e Tubo 1', como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Corpo de prova para ensaio de resistência ao fogo



Os corpos de prova foram condicionados por 24 horas à temperatura ambiente 23°C. E com o auxílio de uma estufa os corpos de prova foram colados e submetidos a temperatura de 60°C, sendo que os corpos de prova foram identificados e medidas a espessura e largura dos mesmos.

Efetuarão-se os procedimentos para realização dos ensaios no dispositivo de ensaio de Resistência ao fogo adaptado conforme Figura 7. Os corpos de prova foram submetidos a uma pressão dinâmica com água de 1,21 Mpa e expostos ao fogo em uma temperatura que variou de 370°C a 430°C.

Figura 7 - Dispositivo de ensaio de resistência ao fogo



Colocaram-se os corpos de prova no dispositivo de ensaio, em seguida o corpo de prova foi pressurizado por meio de uma bomba da água com uma pressão de 1,21 Mpa e acendeu-se o fogo tendo com uma chama padrão regulada através de registro. Em seguida foi cronometrado o tempo em que o corpo de prova teve a exposição ao fogo iniciada e parado o cronômetro no momento em que ocorreu a ruptura ou falha verificada através do manômetro instalado junto a bomba pressurizadora.

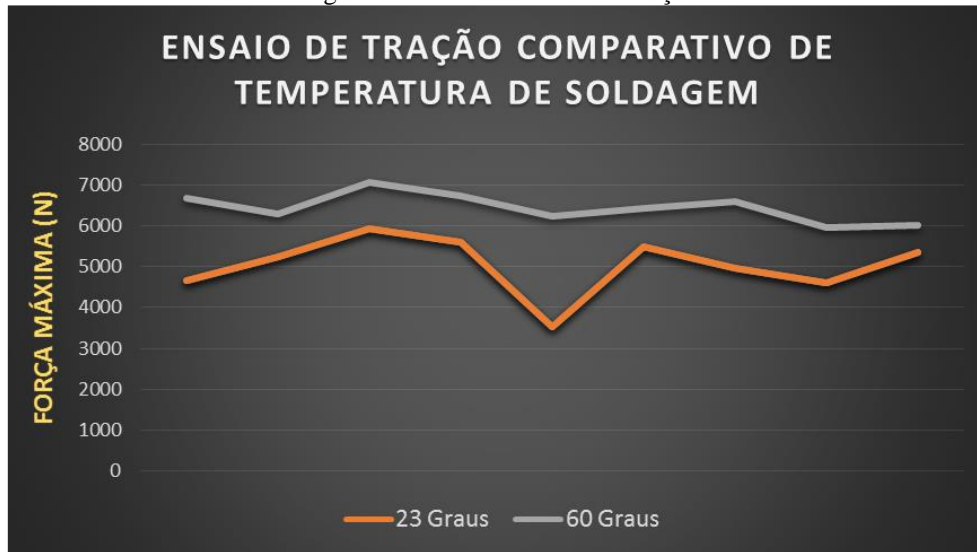
4. RESULTADO E DISCUSSÕES

Por meio dos dados obtidos nos ensaios realizados durante o procedimento experimental, com aplicação dos métodos de tração e resistência ao fogo foi possível avaliar os resultados propostos pelo projeto.

Para avaliar os resultados do ensaio de tração utilizou-se o relatório do ensaio gerado pelo equipamento de teste como mostra a Figura 8 e a avaliação dos ensaios de resistência ao fogo utilizou-se os dados obtidos da Quadro 1.

A Figura 8 mostra o relatório dos resultados obtidos por meio do sistema do equipamento de ensaio de tração utilizado para avaliar as amostras.

Figura 9: Gráfico do ensaio de tração



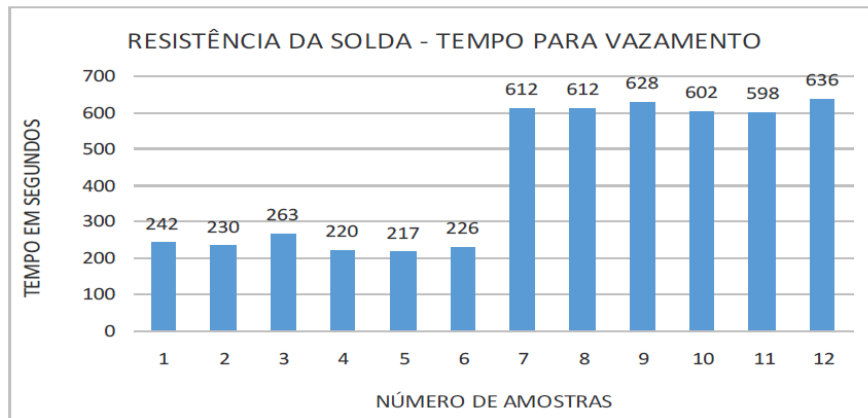
Diante dos resultados obtidos verificou-se que os conjuntos montados e colados a partir de tubo, conexões e adesivo apresentaram resultados significativos para o estudo em que foram submetidos. Ficou evidente que os conjuntos que foram montados e submetidos à secagem na temperatura de cura do adesivo em 60°C tiveram um resultado 23% maior de resistência mecânica quando comparado com os conjuntos que foram colados e deixados curar “secar” na temperatura ambiente de 23°C. Os resultados obtidos dos ensaios de resistência ao fogo são analisados com o auxílio da Quadro 1.

Quadro 1: Gráfico do ensaio de tração

TEMPERATURA DE CURA DO ADESIVO	TEMPO DE CURA DO ADESIVO	CORPO DE PROVA	RESULTADO (TEMPO PARA VAZAMENTO)
23°C	24 HORAS	1	242 segundos
		2	230 segundos
		3	263 segundos
		4	220 segundos
		5	217 segundos
		6	226 segundos
60°C		7	612 segundos
		8	612 segundos
		9	628 segundos
		10	602 segundos
		11	598 segundos
		12	636 segundos

Diante dos resultados apresentados no Quadro 1 verificou-se que os conjuntos montados e colados a partir de tubo, conexões e adesivo apresentaram resultados significativos para o estudo em que foram submetidos. Para análise e visualização mais precisa dos valores os dados foram plotados para o gráfico da Figura 10.

Figura 10 - Gráfico resistência da solda – tempo de vazamento



No gráfico da figura 11 é possível verificar a eficácia do ensaio realizado, comparando os valores das amostras, os corpos de prova que foram preparados com a temperatura de 60°C, apresentaram uma resistência no ensaio de fogo de 62% superior em relação aos corpos de prova preparados a 23°C.

Por meio dos resultados obtidos nos ensaios foi possível comprovar a eficácia dos produtos quando expostos a temperaturas extremas com isso atendendo o objetivo principal deste projeto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o crescimento da construção civil, as construtoras procuram se atualizar, através de novas tecnologias, que objetivem o corte de custos, a diminuição de prazos e o aumento da qualidade nas instalações, evitando o retrabalho. O material mais utilizado para instalações hidráulicas de água quente é o CPVC, pois entre suas características mais marcantes estão o baixo custo, boa resistência química e mecânica e baixa tendência ao entupimento.

Este trabalho de conclusão de curso apresentou um estudo da influência da temperatura de cura do adesivo utilizado para unir conexões e tubos de CPVC, para avaliar a resistência mecânica dos conjuntos hidráulicos de acordo com a norma NBR 15647:2008. Com base nos resultados encontrados ficou evidente que a temperatura de cura do adesivo apresentou uma influência positiva, sendo comprovado no ensaio de tração e confirmado no ensaio de resistência ao fogo que era o objetivo principal desse estudo.

Ressalta-se também, que os resultados propostos foram atingidos e o trabalho executado teve sua importância justificada. Por fim, este estudo comprovou como avanço conquistado pela teoria acadêmica podem contribuir para desenvolvimento pessoal que possibilitou colocar o conhecimento adquirido em prática.

Além disso, o estudo permitiu a implantação dos métodos estudados para avaliar a performance de adesivos na empresa de atuação e tem potencial para futuramente ser implantado em normas nacionais para uso geral no Brasil.

REFERÊNCIAS

BRASKEM. **Tecnologia do PVC**. São Paulo: Pro Editores, 2006.

BRETAS, R. E. S., DÀVILA, M. A. **Reologia de Polímeros Fundidos**. São Paulo: Editora da UFSCAR, 2005.

CARNEVAROLO JUNIOR, Sebastião V. **Ciência dos Polímeros: Um Texto básico para Tecnólogos e Engenheiros**. São Paulo: Artliber, 2002.

FEIGENBAUM, Armand V. **Controle da qualidade total: gestão e sistemas**. São Paulo: Makron Books, 1994. V. 1.

HARADA, J. **Moldes para injeção de termoplásticos**. Projetos e Princípios Básicos. São Paulo: Ed. Artliber, 2004.

JURAN, J. **A qualidade desde o projeto**. São Paulo: Pioneira, 1994.

JURAN, J. **Planejamento para a qualidade**. São Paulo: Pioneira, 1990.

MANRICH, Sílvio. **Processamento de termoplástico**. São Paulo: Artliber Editora, 2005

MICHAELI, W. **Tecnologia dos plásticos: livro texto e de exercícios**. São Paulo: E. Blucher, 1995.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão Estratégica da Qualidade: Princípios, Métodos e Processos**. São Paulo, SP: ATLAS, 2008.

RODOLFO JR., A.; NUNES, L. R.; ORMANJI, W. **Tecnologia do PVC**. São Paulo: ProEditores, 2006.