

# PROCESSO DE DECAPAGEM QUÍMICA PARA LIMPEZA DE SOLDAS EM AÇOS INOXÍDAVEIS AUSTENÍTICOS

## AUTOR

**Murilo Medeiros da BARRA**

Discente do Curso de Engenharia Química – UNILAGO

**Grazieli Olinda MARTINS**

Docente do Curso de Engenharia Química – UNILAGO

## RESUMO

O processo de decapagem química é utilizado para limpeza de soldas feitas na construção de peças e equipamentos constituído de aço inoxidável do tipo austeníticos. Para uma limpeza de zonas termicamente afetadas (ZTA), a decapagem química feita por soluções, compostas basicamente de ácido fluorídrico e ácido nítrico, é feita por método de imersão em solução líquida ou aplicação em forma de gel para as atividades. O processo é realizado em locais onde limita o uso de tanques para imersão e atividades de reparo em manutenção de máquinas e equipamentos fora do setor de fabricação. O uso deste processo é comum dentre as indústrias do segmento, mas é importante entender o método de aplicação e garantir os resultados, seguindo parâmetros para utilização e normas de segurança que asseguram a saúde e reduzem os riscos de acidentes. Neste trabalho, será pontuado a importância do processo de decapagem química para as soldas realizadas em aço inoxidável austenítico, trazendo os aspectos que torna esse processo como a forma mais adequada.

## PALAVRAS - CHAVE

Gel decapante. Aço Inoxidável Austenítico. Zonas Termicamente Afetadas (ZTA).

## **1. INTRODUÇÃO**

O mercado mundial de aços inoxidáveis vem apresentando crescimento desde 2010, mostrando condições que contribuem para uma maior resistência dos equipamentos que estão sujeitos a processos de corrosão e que necessitam de limpeza para fabricação de produtos, com o objetivo de evitar a contaminação. Segundo a International Stainless Steel Forum (ISSF) a produção de aço inox aumentou em 2019, gerando 52,2 milhões de toneladas. Neste cenário, a China é responsável pela principal produção chegando a 29,4 milhões de toneladas; o Brasil divide o restante da produção com a África do Sul, Coreia do Sul, Indonésia e Rússia, sendo 5,6 milhões de toneladas de aço inoxidável (ISSF, 2020).

A produção de peças e equipamentos de aço inoxidável passa por uma etapa de limpeza da superfície para minimizar sujeiras e oxidação de substâncias após o processo de soldagem. Para melhoria da produção, é necessária a realização de processos químicos, como por exemplo, a decapagem. Por meio do processo químico, a decapagem está entre as mais utilizadas para a atividade, sendo uma aplicação simples de modo que utiliza o método de imersão para peças e equipamentos constituídos apenas do material ou com gel decapante, composto de ácido nítrico e ácido fluorídrico feito por indústrias químicas pronto para uso, sendo aplicado em soldas localizadas e equipamentos de grandes dimensões.

A decapagem do aço inoxidável tipo austenítico é feita para garantir uma limpeza uniforme na parte superficial do material, removendo as contaminações ocasionadas pelo processo de soldagem, as zonas termicamente afetadas (ZTA) e ao mesmo tempo criando um filme passivo oxido protetor para superfície, promovendo resistência da região soldada no material (CARBÓ, 2005). Portanto, este trabalho tem como objetivo mostrar, em formato de pesquisa bibliográfica, o processo de decapagem química para limpeza de aços inoxidáveis austeníticos na fabricação de peças e equipamento do meio industrial, também aborda os estudos por métodos de aplicação por aço química.

Nas indústrias o processo de decapagem é realizado para garantir a proteção do aço inoxidável após a produção de peças e equipamentos, sendo assim, garantindo que o material seja comercializado de forma segura e atendendo a necessidade de aplicação, de outra maneira, a decapagem atua como recuperador aço inoxidável nos reparos e modificações feitas nos locais que peças e equipamentos estejam instalados. Sua utilização mostra eficiência nos pequenos e grandes procedimentos de aplicação, tornando o método de decapagem química mais utilizado para proteção das superfícies dos aços inoxidáveis austeníticos.

Este trabalho teve por objetivo demonstrar o processo de decapagem química para limpeza de soldas em aços inoxidáveis austeníticos.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA**

Os aços inoxidáveis apresentam diversas aplicações no mercado, tendo seu uso alocado para cada tipo de segmento e aplicação, como em equipamentos alimentícios, de refrigeração, de manutenção, tubulações, entre outros. Sendo assim, o processo de decapagem química, utilizado para preparar as superfícies do aço inox, exige processos práticos que garantem a passivação, termo utilizado para definir o processo de utilização das soluções químicas a base de ácido nítrico e ácido fluorídrico para limpeza de zonas termicamente afetadas (ZTA) na superfície afetada, sendo que a aplicação dessas soluções necessita de procedimentos de segurança, como a utilização de equipamentos de proteção individual, seguir corretamente o método de aplicação de acordo com a especificidade de cada material, para minimizar/eliminar riscos prejudiciais à saúde. (COSTA et. al. 2021).

Limpeza das ligas em aço inoxidável são inevitáveis durante o processo de soldagem, em que a oxidação dos materiais compostos gera defeitos não intencionais, mas que define o processo mais adequado de decapagem a partir dos métodos (TUTHILL, 2011).

## 2.1 Aços inoxidáveis

Aços inoxidáveis, termo utilizado para definir grupo de ligas ferrosas que são formados são por ligas de ferro (Fe), níquel (Ni) e cromo (Cr) com porcentagem mínima de 10%, formando um filme de óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). A quantidade de cromo nas ligas em aço inoxidável e a diminuição da velocidade contra corrosão em meios expostos, tendo como base, o meio atmosférico, está em condição inicial para determinar a quantidade de outros metais para evitar reações oxidantes, como níquel, molibdênio (Mo), cobre (Cu), silício (Si), alumínio (Al), titânio (Ti), nióbio (Nb). Estes elementos podem compor ligas com diferentes propriedades mecânicas, a fim de suprir a necessidade específica de cada uso, bem como, garantir condições como resistência a temperaturas elevadas, boa condutividade térmica, resistência elevada à corrosão (BARBOSA, 2014). A Tabela 1 lista as propriedades físicas de alguns aços inoxidáveis.

Tabela 1. Propriedades físicas dos aços inoxidáveis a temperatura ambiente.

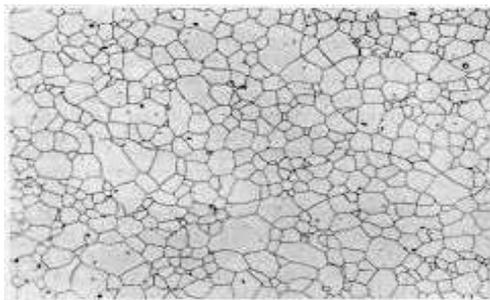
Propriedade	Aços Inoxidáveis			
	Martensítico	Ferrítico	Austenítico	Duplex
Densidade ( $\text{Kg/m}^3$ )	7800	7800	7800-8000	7800-8000
Módulo de Elasticidade	200	200	193-200	193-200
Coefficiente de Expansão Térmica ( $\text{mm/m}^\circ\text{C}^{-1}$ )	11,6-12,1	11,2-12,1	17,0-19,0	13,3-13,7
Condutividade Térmica ( $\text{W/mK}$ )	28,7	24,4-26,3	18,7-22,8	16,2-19,0
Resistividade Elétrica ( $\text{n}\Omega.\text{m}$ )	550-720	590-670	690-1020	770-1000
Permeabilidade Magnética* ( $\text{H.m}^{-1}$ )	700-1000	600-1100	1,008-1,2	...
Faixa de Fusão ( $^\circ\text{C}$ )	1480-1530	1480-1530	1400-1450	1430-1450

Fonte: Barbosa, 2014.

## 2.2 Aço inoxidável ferrítico

Aço inoxidável ferrítico possui teores de cromo (Cr) entre 16% a 30%. A Figura 1 mostra a microestrutura macia e tenaz, pequenas partes agrupadas. A estrutura possui resistência a corrosão atmosférica e soluções oxidantes, material ferromagnético, por sua composição não pode ser endurecida por tratamentos térmicos, e sim, por processos de recozimento. Sua pequena faixa de expansão térmica exhibe boas condições de uso em meio unido com cerâmicas (SERNA-GERALDO, 2006).

Figura 1. Microestrutura do Aço Inoxidável Ferrítico.

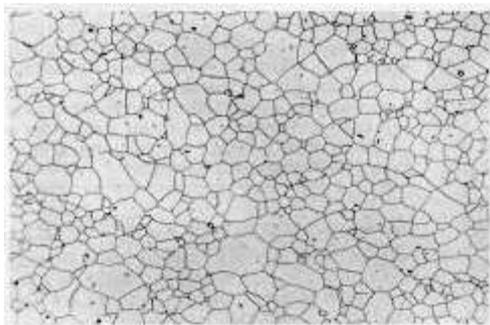


Fonte: Tebecharini, 2023.

### 2.3 Aço inoxidável martensítico

Aço inoxidável martensítico apresenta em sua composição baixo teor de carbono e adição de níquel e molibdênio. E também, apresenta alta temperabilidade, o que permite a transformação do aço inoxidável austenítico para martensítico quando aplicado a altas temperaturas (950°C a 1200°C) e, logo após, o resfriamento até a temperatura ambiente. A microestrutura torna a característica do aço com alta dureza e fragilidade; este tipo de aço é empregado em equipamentos de instalações externas e dificilmente são agredidos pelas condições atmosféricas (TEBECHARINI, 2023). A Figura 2 mostra as características estruturais deste material.

Figura 2. Microestrutura do Aço Inoxidável Martensítico.



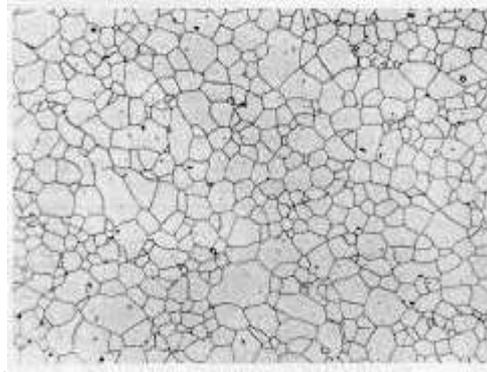
Fonte: Tebecharini, 2023

### 2.4 Aço inoxidável austenítico

Aço inoxidável do tipo austenítico é um grupo de ao que apresenta capacidade contra corrosão no meio ambiente atmosférico ou em meios ácidos. Alguns metais são inseridos nas ligas para diferenciar a composição da liga e necessidade da aplicação, como por exemplo, a inserção de Ni que garante a melhoria na estrutura contra corrosão e oxidação, como maior resistência a altas temperaturas e tenacidade. A Figura 3 mostra as características estruturais deste material.

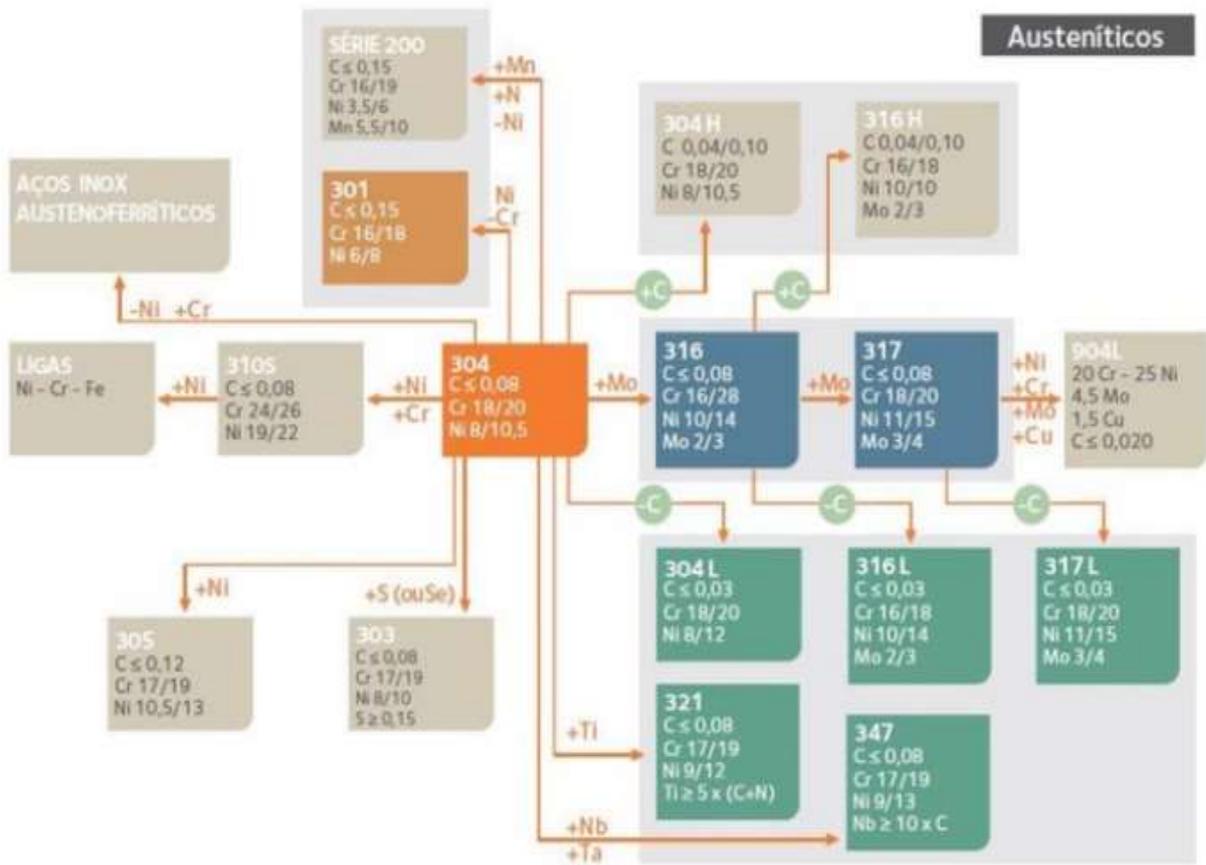
Esse grupo apresenta características, como por exemplo, o oferecimento de uma ampla faixa de trabalho, onde seu uso é feito em indústrias alimentícias, químicas e petroleiras. Os elementos combinados nas de ligas de aços inoxidáveis são mostrados na Figura 4, bem como, os diferentes tipos de aço. A Tabela 2 lista a porcentagem da composição química nas ligas austeníticas (TEBECHARINI, 2023).

Figura 3. Microestrutura do Aço Inoxidável Austenítico.



Fonte: Tebecharini, 2023.

Figura 4. Família dos Aços Inoxidáveis Austeníticos.



Fonte: Nogueira, 2017.

Tabela 2. Composição química dos aços inoxidáveis austeníticos.

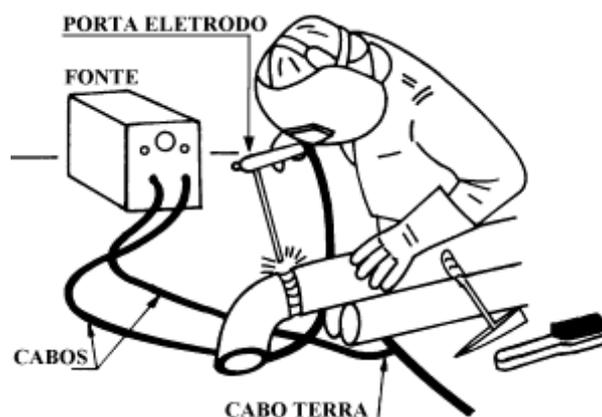
Aços	Mn (%)	S (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	Ti (%)	Nb (%)	C (%)	Cu (%)
200	5,5/10	0,15	16/19	3,5/6				0,15	
301			16/18	6/8				0,15	
303			17/19	8/10				0,08	
304			18/20	8/10,5				0,08	
304L			18/20	8/12				0,03	
304H			18/20	8/10,5				0,04/0,10	
305			17/19	10,5/13				0,12	
310S			24/26	19/22				0,08	
316			16/28	10/14	2/3			0,08	
316L			16/18	10/14	2/3			0,03	
316H			16/18	10	2/3			0,04/0,10	
317			18/20	11/15	3/4			0,08	
317L			18/20	11/15	3/4			0,03	
321			17/19	9/12		5		0,08	
347			17/19	9/13			10	0,08	
904L			20	25	4,5			0,02	1,5

Fonte: Autoria própria.

### 2.3 Processo de soldagem

Processo de soldagem em aços inoxidáveis austeníticos é realizado pelo método de “junção de metais” por meio de uma fonte de energia: a soldagem ocorre pela fusão dos materiais com a atmosfera. Atualmente, utiliza-se processos com arco elétrico que usa substâncias que minimizam essa interação. A Figura 5 mostra o método de soldagem por eletrodo revestido - soldagem por fusão para os aços inoxidáveis do tipo austeníticos.

Figura 5. Processo de soldagem por eletrodo revestido.

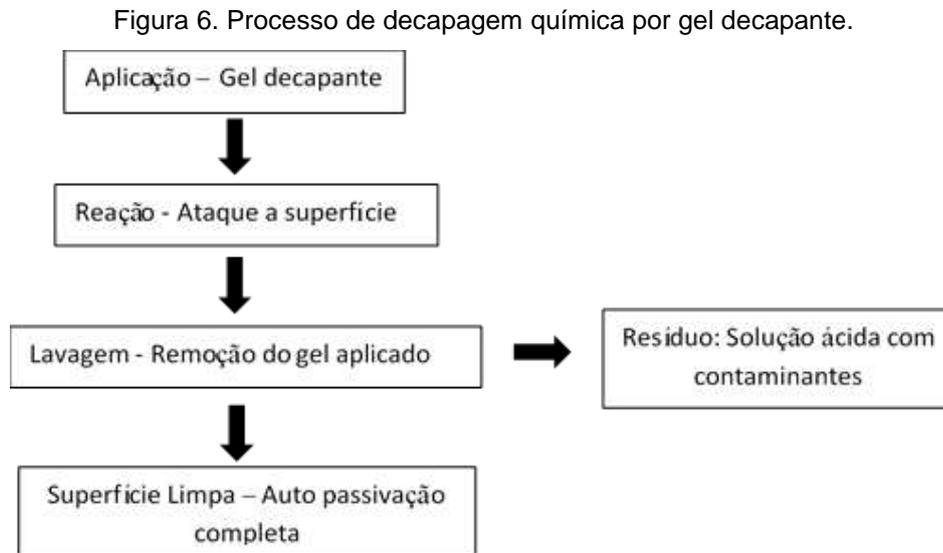


Fonte: Modenesi & Marques, 2000.

### 2.4 Decapagem

O processo de decapagem por meio químico utiliza uma substância que, dependendo do processo de aplicação, feito por imersão ou aplicação localizada, pode ser a base de ácido fluorídrico e ácido nítrico. Essa solução se faz efetiva para a decapagem de aços inoxidáveis, com o objetivo de produzir superfícies puras, livre

de contaminações oxidantes e de sujeiras. A Figura 6 mostra o fluxograma simplificado do processo de decapagem química.



Fonte: Autoria própria.

Este processo é etapa final da confecção de peças e equipamentos, que tem como objetivo efetuar a limpeza superficial e garantir que recupere as condições iniciais (composição de cromo) contra a corrosão no seu trabalho.

Para sua aplicação, necessita-se um pré-tratamento, caso a superfícies esteja com produtos oleosos ou materiais orgânicos. Nessas condições, ocorre a limitação de reações químicas entre a superfície que será decapada e a solução ácida, não tendo eficácia no processo de decapagem. A utilização do processo de decapagem química abrange seu uso em diversos tipos de aços inoxidáveis, como grupo de aços ferrosos, aço carbono. O uso efetivo da decapagem é dado pela limpeza de metais da superfície sem afetar o metal base, mantendo sua estrutura e propriedades (CAMPOS, 2016).

Tanques são utilizados para decapagem por imersão e peças e equipamentos produzidos são inseridos para serem decapados totalmente e de modo uniforme, conforme mostra a Figura 7.

Figura 7. Método de decapagem por imersão.



Fonte: Morellato, 2016.

### 2.4.1 Gel decapante

O uso do gel decapante é restrito a setores industriais, com sua composição formada por base de ácido nítrico e ácido fluorídrico e, tem por finalidade a limpeza de cordões de solda em aços inoxidáveis em partes localizadas, onde já ocorreu a instalação do material ou teve que reparar a peça danificada, sendo necessário o uso do gel decapante (Figura 8).

Informações sobre o risco a saúde, precaução no manuseio e armazenamento são mostrados na Ficha de informações de segurança do produto químico (FISPQ), com as características do produto diante as situações que prejudicam a segurança do profissional que utiliza o gel para o processo de decapagem (QUIMATIC, 2019).

Figura 8. Gel decapante.



Fonte: Autoria própria.

Com aspecto transparente, incolor e leve odor, o gel decapante tem características de aplicação rápida e maneira simples, garantindo mesma condição do processo de decapagem por imersão. Suas condições corrosivas mostram a importância do uso de equipamentos de proteção individual EPI's e procedimentos de emergência, caso ocorra acidentes envolvendo o gel decapante.

## 3. METODOLOGIA

Para o processo de decapagem determina-se procedimentos práticos para obtenção de resultados desse processo: a decapagem química localizada é feita por aplicação manual na peça onde ocorreu o processo de soldagem e formou locais que necessitam da aplicação do gel decapante, para garantir a limpeza e proteção da superfície do material.

Os resultados deste processo de decapagem mostram a eficácia do gel decapante neste método de limpeza, tornando seguro o uso para as atividades do segmento de aços inoxidáveis, dentro os materiais necessários para aplicação, estão inclusos equipamentos de proteção, instrumentos de aplicação e procedimentos de manipulação para conclusão da decapagem química.

### 3.1 Materiais

Tubo quadrado em Aço Inox tipo austenítico linha 304 (18-20% Cr, 8-10,5% Ni), pincel de pintura, solução decapante em gel, água encanada, par de luvas nitrílicas, mascara respiratória N95 com válvula e óculos incolores.

### 3.2 Procedimentos

- i. Paramentou-se com os EPI's para início da aplicação de forma correta e segura: máscara respiratória, óculos incolores e par de luvas;
- ii. Iniciou-se a aplicação do gel decapante, composto de ácido nítrico e ácido fluorídrico, com pincel nas áreas de solda onde contém as zonas termicamente afetadas (ZTA) na superfície do tubo em aço inox;
- iii. Aguardou-se 30 minutos para reação da solução, garantindo a recuperação da superfície afetada;
- iv. Após o tempo de reação, fez-se a limpeza do gel com água pressurizada por mangueira, removendo a solução com contaminantes.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo de decapagem é feito após a soldagem do aço inoxidável (a união do material por fusão), Figura 9, gerando a zona termicamente afetada (ZTA) que compromete a camada superficial do aço (Figura 10).

Figura 9. 1º Etapa – Processo de soldagem do aço inoxidável 304.



Fonte: Autoria própria.

Figura 10. 1º Etapa – Zona termicamente afetada após processo de soldagem.



Fonte: Autoria própria.

Na superfície afetada, é aplicado gel decapante (composto da solução de ácido nítrico e ácido fluorídrico em gel) para iniciar o processo de limpeza e proteção das junções soldadas. O tempo de reação é de 30 minutos, conforme mostra a Figura 11 e 12.

Figura 11. 1º Etapa – Aplicação do gel decapante na zona termicamente afetada.



Fonte: Autoria própria.

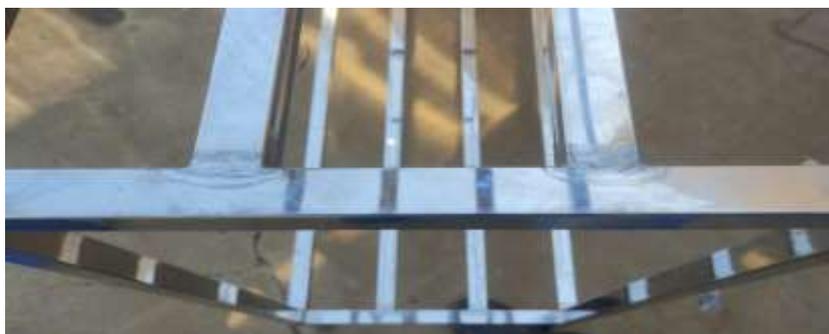
Figura 12. 2º Etapa – Reação química em 30 minutos.



Fonte: Autoria própria.

Ao final da reação, é realizada a remoção do gel aplicado (Figura 13) para limpeza da superfície, feita remoção com esguicho e mangueira instalado na rede de água pressurizada do local, de modo a garantir a recuperação do material (composição química inicial do aço inoxidável). Desta forma, a peça construída ou o equipamento fica pronto para uso.

Figura 13. 3º Etapa – Remoção do gel decapante com água.



Fonte. Autoria própria.

## 5. CONCLUSÃO

A partir dos estudos sobre o processo de decapagem química, foi aplicado método prático de decapagem localizada, utilizando gel decapante. Nesse processo, obteve-se a garantia de proteção dos aços inoxidáveis austeníticos, sem modificar ou alterar a estrutura do material. Esse método é utilizado após o processo de soldagem da peça produzida, em que, por uma análise visual, é possível relacionar os estudos citados com o método prático aplicado, determinando que o processo de decapagem por ação química é uma forma correta para finalização da produção de peças e equipamentos nas indústrias.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, L. **Estudo da Decapagem da Superfície do Aço Através da Imersão Ácida**, 2016.

Disponível em: [https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/tcc\\_1.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/tcc_1.pdf) Acessado em: 10 de set 2023.

CARBÓ, M.H **Decapagem e passivação de Aços Inoxidáveis**, 2005. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/OneDrive/TCC/Referencias%20Bibliograficas/decapagem.pdf> Acessado em 09 de set 2023.

ISFF, **The International Stainless-Steel Forum (ISSF) has released figures for the full year 2019 showing that stainless steel melt shop production increased by 2.9% year-on-year to 52.2 million metric tons, 2020.**

Disponível em: <https://www.worldstainless.org/media/dwocgtdn/200324-press-release-stainless-steel-public-19q4.pdf> Acessado em 09 de set 2023.

MODENESI P.; MARQUES P, **Soldagem I – Introdução aos Processos de Soldagem**, 2000. Disponível em: [Perguntas\\_.pdf](#) Acessado em: 23 de set 2023.

MORELLATO, F **Decapagem e Passivação Aço Inoxidável**, 2016. Disponível em: [http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EME733/Semin%3%a1rios%20Inox/Decap\\_Passiv.pdf](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EME733/Semin%3%a1rios%20Inox/Decap_Passiv.pdf) Acessado em: 23 de set 2023.

NOGUEIRA, P.V **Aço inoxidável como material para equipamento da indústria de alimentos**, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20398/1/A%C3%A7oInoxid%C3%A1velComo.pdf> Acessado em: 02 de out 2023.

TEBECHARINI, C.T.P. **Aços Inoxidáveis**, 2023. Disponível em: [http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~adccg/lib/exe/fetch.php?media=artigo\\_para\\_pipesystem\\_sobre\\_inox1.pdf](http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~adccg/lib/exe/fetch.php?media=artigo_para_pipesystem_sobre_inox1.pdf). Acessado em: 10 de set 2023.

TUTHILL, A. H **Aço Inoxidável: Limpeza da Superfície**, 2011. Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EME733/Semin%3%a1rios%20Inox/Inoxidavel%20Limpeza%20%20de%20superficie.pdf> Acessado em 03 de set 2023.

COSTA, A. P. B.; ARCHANGELO, G. P.; ALMEIDA, R. C. D.; CHELIS, A. **Desenvolvimento de processo de decapagem química para aço inoxidável austenítico AISI-302**. 2021.

QUIMATIC.T. **Ficha de Emergência**, 2019. Disponível em: <https://www.quimatic.com.br/conteudo/fe/FE-limpa-solda-inox-nao-mancha.pdf> Acessado em 14 de out de 2023.

BARBOSA, P. A. **Estudo do comportamento mecânico na usinagem de aços inoxidáveis** (Defesa de doutorado, Universidade de São Paulo). 2014..

SERNA-GIRALDO, C.A. **Resistência à corrosão intergranular do aço inoxidável ferrítico UNS S43000: avaliação por método de reativação eletroquímica, efeito de tratamento isotérmico e mecanismo de sensitização**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MARIANO, N. A. et al. Avaliação da resistência à corrosão em aço inoxidável martensítico do tipo Cr-Ni em meio marinho sintético simulando atividades em águas profundas. **Revista Escola de Minas**, v. 59, p. 135-139, 2006.