



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102020025943-1 A2



(22) Data do Depósito: 17/12/2020

(43) Data da Publicação Nacional: 28/06/2022

(54) **Título:** APARATO DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA EM PEÇAS SOB ROTAÇÃO ATRAVÉS DE SISTEMA DE TERMOPAR E ANEL COLETOR

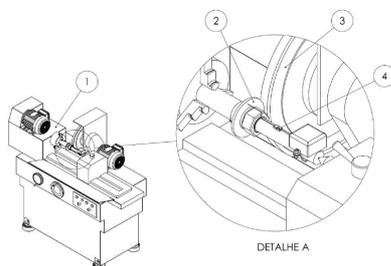
(51) **Int. Cl.:** G01K 1/024; G01K 7/02.

(52) **CPC:** G01K 1/024; G01K 7/02.

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO.

(72) **Inventor(es):** JOSÉ CLAUDIO LOPES; FERNANDO SABINO FONTEQUE RIBEIRO; EDUARDO CARLOS BIANCHI; HAMILTON JOSÉ DE MELLO; LUIZ EDUARDO DE ANGELO SANCHEZ; PAULO ROBERTO DE AGUIAR; ANTHONY GASPAR TALON.

(57) **Resumo:** Confere-se ao presente invento, pertencente ao campo das engenharias, um dispositivo de aquisição de temperatura de peças submetidas à rotação para aplicação em máquinas-ferramenta, que diz respeito à conexão de ao menos um termopar inserido na peça (próximo a superfície) ligado a um sistema de aquisição de temperatura sem fio submetido a mesma rotação da peça através de conectores de termopar e cabo de conexão. O transmissor de dados será fixado ao mesmo eixo que a peça através de abraçadeira de fixação. Sua constituinte aplica-se no que diz respeito à utilização de um termopar, conectores de termopar, cabo de conexão, transmissor de dados (de qualquer modelo, desde que atenda às necessidades de transmissão de dados e que seja possível fixar no mesmo eixo que a peça), abraçadeira de fixação, parafusos e porcas. O dispositivo contará com um sistema de aquisição de dados de qualquer natureza, captando as informações de temperatura a partir dos sinais emitidos pelo transmissor de dados. O invento consiste na captação e transmissão de sinais de temperatura da peça. São reivindicados o aparato e seu uso.



APARATO DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA EM PEÇAS SOB ROTAÇÃO ATRAVÉS DE SISTEMA DE TERMOPAR COM TRASSMISSÃO SEM FIO

[001] A presente invenção, pertencente ao campo das engenharias, compreende um dispositivo de aquisição de temperatura de peças submetidas à rotação para aplicação em máquinas-ferramenta, que diz respeito à conexão de um termopar inserido na peça (próximo a superfície) ligado à um sistema de aquisição de temperatura sem fio submetido a mesma rotação da peça através de conectores de termopar e eixo de conexão. O transmissor de dados será fixado ao mesmo eixo que a peça através de abraçadeiras de fixação. Sua constituinte aplica-se no que diz respeito à utilização de ao menos um termopar, conectores de termopar, cabo de conexão, transmissor de dados (de qualquer modelo, desde que atenda às necessidades de transmissão de dados e que seja possível fixar no eixo porta peça), abraçadeira de fixação, parafusos e porcas.

[002] O dispositivo contará com um sistema de aquisição de dados de qualquer natureza, captando as informações de temperatura a partir dos sinais emitidos pelo transmissor de dados. O invento consiste na captação e transmissão de sinais de temperatura da peça, sendo o sistema de aquisição de dados de qualquer natureza no quesito de funcionalidade do dispositivo.

ESTADO DA TÉCNICA

[003] A utilização de fluido de corte se faz necessária principalmente nos processos de usinagem que possuem alta geração de calor, como por exemplo a retificação. A aplicação mais comum é chamada de aplicação convencional ou aplicação abundante, cujo fluido é adicionado na interface de corte na ordem de dezenas e as vezes centenas de litros/minutos. No entanto, esse fluido quando em contato com a elevada temperatura da interface de corte, pode se vaporizar, criando uma névoa no ambiente, o que

impossibilita uma precisa aquisição da temperatura por meio de análise à laser.

[004] Deste modo, sabendo-se dos prejuízos da falta de controle da temperatura no processo, é de extrema valia a utilização de meios que possam colaborar com a aquisição da temperatura na interface de corte, uma vez que visa-se, dentre vários aspectos, a minimização dos danos causados por elevadas temperaturas e controle de qualidade, sendo que o presente invento possibilita mensurar de forma precisa a temperatura na interface da peça, possibilitando a otimização do processo.

[005] Pesquisas realizadas nos principais bancos de depósitos de patentes no mundo apontaram algumas patentes acerca da medição de temperatura de peças sob rotação. A patente CN109909885A aborda a medição de temperatura na superfície da peça sob a forma de um sistema de malha fechada para ajustar automaticamente o fluxo de fluido refrigerante, o que difere do presente invento, o qual objetiva a obtenção da temperatura na superfície da peça a fim de controlar o processo, sem estar atrelado ao sistema de refrigeração da máquina retificadora. A patente CN108527162A envolve um sistema de medição de temperatura sem fio para a medição da temperatura no eixo da máquina retificadora e utilizar essa informação para acionar o sistema de refrigeração da mesma, o que difere do presente invento, o qual envolve a medição da temperatura na peça, e não na máquina retificadora. A patente CN104596646 que aborda a medição de temperatura através de radiação infravermelha aplicados em orifícios internos, ou seja, aplicado em retificação interna. Entretanto, o presente invento proposto se difere pela capacidade de poder realizar medição mesmo sob aplicação de fluido refrigerante, haja vista que através de infravermelho essa possibilidade não é aplicável. A patente CN103639895 aborda a aplicação de filmes finos para mensurar a temperatura durante o processo de retificação, mas que difere do presente invento pelo fato de neste poder ser medido a temperatura

da interface de corte de maneira simples, bastando ter apenas um termômetro e/ou software de análise de sinais. As patentes CN203069287 e CN103134605B correspondem à medição de temperatura exclusivamente na pista de rolamento durante o processo de retificação, sendo que ambas as patentes não vislumbram a aplicação dessa tecnologia em outras situações que não sejam pista de rolamento. Como apresentado, todas as patentes diferem do presente invento, sendo cada uma delas aplicável a uma situação específica de retificação. Salienta-se que o presente invento apresenta grande versatilidade e poderia ser aplicado em todas as condições apresentadas por essas patentes, indicando assim sua grande capacidade técnica e aplicabilidade nos diversos setores produtivos.

VANTAGENS DA INVENÇÃO

[006] O invento proposto vem demonstrar diversas utilidades e importantes aplicações aos usuários, das quais fazem as seguintes citações:

[007] constitui de implementação do dispositivo de aquisição de temperatura com precisão em qualquer máquina-ferramenta do tipo retificadora, através do acoplamento do mesmo no mesmo eixo da peça e na própria peça;

[008] o sistema permite verificar a eficiência de um determinado fluido de corte em retirar calor do processo e compará-lo com diversos outros fluidos. Mais além, o dispositivo permite testes comparativos entre formas diferentes de lubrificação, tais como convencional, MQL (mínima quantidade de lubrificante), MQL com jato de ar frio na limpeza, MQL refrigerado, entre outros, garantindo uma extensa gama de possibilidades de estudos comparativos, todos no âmbito de aprimorar a eficiência do processo de fabricação;

[009] garante estudos comparativos da influência na temperatura de acordo com a utilização de um determinado rebolo, associando a temperatura na zona de corte com a condutividade térmica do rebolo. Permite também

atrelar a temperatura ao desgaste do rebolo, verificando as relações entre essas duas grandezas, de modo a aprimorar a cadeia produtiva da retificação; [010] abre possibilidades de estudos baseados na condutividade térmica do material a ser usinado, verificando a influência do mesmo na dissipação de calor da zona de corte para o interior da peça e suas respectivas mudanças microestruturais;

[011] O transmissor de dados sem fio garante a aquisição dos dados de temperatura da peça em rotação de forma simples e eficiente, em uma distância elevada;

[012] diversidade de aplicação, sendo possível efetuar a medição de temperatura em qualquer rotação, e, também, com o sistema em uma condição estática;

[013] o invento garante todas as vantagens acima citadas, com um baixo custo de fabricação do mesmo, facilidade de manutenção e de instalação. Tais fatores elevam os benefícios do invento, tornando-o atrativo para qualquer máquina retificadora, e possibilitando sua aplicação no meio acadêmico sem grandes custos e no meio industrial sem perda de tempo no processo.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[014] De modo a ter uma melhor visualização das características da invenção, são apresentados a seguir os descritivos das figuras.

[015] A Figura 1 apresenta a máquina retificadora (1) em perspectiva com uma ampliação focando na peça de trabalho (2), no rebolo (3) e no sistema de aquisição de temperatura sem fio (4).

[016] Já a Figura 2 apresenta uma vista em perspectiva do sistema de aquisição de temperatura sem fio (4) fixado no eixo porta peça (5) e conectado na peça de trabalho (2), com enfoque no termopar (6), nos conectores de termopar (7), no cabo de conexão (8), no transmissor de dados (9) e na abraçadeira de fixação (10).

[017] A Figura 3 é uma perspectiva explodida do sistema de aquisição de temperatura sem fio (4), a qual indica os componentes: peça de trabalho (2), termopar (6), conectores de termopar (7), cabo de conexão (8), transmissor de dados (9), abraçadeira de fixação (10), parafusos (11) e porcas (12).

[018] A Figura 4 apresenta os resultados obtidos no estudo de caso da retificação à seco;

[019] A Figura 5 apresenta os resultados obtidos no estudo de caso da retificação com MQL;

[020] A Figura 6 apresenta os resultados obtidos no estudo de caso da retificação com fluido de corte convencional.

[021] As Figura de 1 à 3 apresentam o invento a ser utilizado como dispositivo de aquisição de temperatura sem fio de peças sob rotação, onde o mesmo é constituído de um termopar (6) inserido no interior da peça de trabalho (2), ligado através dos conectores de termopar (7) e do cabo de conexão (8) até o transmissor de dados (9), o qual é fixado ao eixo porta peça (5) através de uma abraçadeira de fixação (10) com parafusos (11) e porcas (12).

[022] O sinal de temperatura emitido pelo transmissor de dados (9) será captado por um sistema de aquisição de dados de qualquer natureza, de modo a permitir a leitura da temperatura captada pelo termopar (6) na superfície da peça de trabalho (2).

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[023] O dispositivo é montado na máquina-ferramenta, sendo o sistema de aquisição de temperatura sem fio fixado no mesmo eixo da peça, estando sob mesma rotação. O termopar deverá ser inserido no interior da peça, próximo a superfície de corte, e o mesmo será ligado ao cabo de conexão por meio de conectores de termopar. O cabo de conexão poderá ser de qualquer natureza, devendo ser de material condutor para transmitir o sinal ao transmissor de dados. O transmissor de dados poderá ser de qualquer modelo e dimensões,

desde que atenda às necessidades de funcionalidade do sistema e não cause um desbalanceamento elevado ao conjunto. O transmissor de dados será fixado ao mesmo eixo da peça através de uma abraçadeira de fixação por meio de parafusos e porcas. Contudo, nada impede a fixação do transmissor de dados por outro meio, como abraçadeiras plásticas, soldas etc. O dispositivo contará com um sistema de aquisição de dados de qualquer natureza, captando as informações de temperatura a partir dos sinais emitidos pelo transmissor de dados. Portanto, o invento consiste na captação e transmissão sem fio de sinais de temperatura da peça.

[024] Buscando comprovar a eficácia do presente invento, foram realizados ensaios controlados em laboratório, para os quais serão apresentadas as metodologias e resultados a seguir.

Ensaio controlado em retificação cilíndrica

[025] O funcionamento do dado invento foi avaliado em ensaios controlados de retificação. Uma retificadora cilíndrica da marca Sulmecânica equipada com CNC Fagor foi aplicada. A peça de trabalho empregada apresentou geometria circular, com 60 mm de diâmetro externo, 30 mm de diâmetro interno, 5 mm de espessura), sendo a mesma de aço AISI 52100, temperado e revenido, com dureza média de 780 HV. Os ensaios foram realizados em retificação à seco, com MQL e com lubrificação convencional. O método de lubri refrigeração do tipo MQL foi aplicado à uma vazão de 150 ml/h, com um fluido de corte biodegradável, modelo Biocut 9000, fabricado pela ITW Chemicals em diluição 1:1 com água. A aplicação de fluido de corte convencional foi realizada com a aplicação de um fluido de corte semi sintético ME-2, fabricado pela Quimatic, aplicado em emulsão em água (1:40) a uma vazão de 450 L/h. Na retificação à seco, não foram aplicados quaisquer tipos de lubrificantes ou refrigerantes. Apesar de retificação à seco não apresentar aplicabilidade significativa na indústria, os ensaios a seco foram adotados buscando avaliar a influência do fluido de corte durante a

aquisição de temperatura. Os ensaios técnicos foram efetuados com rebolos de nitreto de boro cúbico, modelo SNB151Q12VR2, fornecido pela empresa Nikkon Abrasivos. Os parâmetros de corte empregados foram: velocidade de corte de 32 m/s e velocidades de avanço 0,50 mm/min.

Metodologia para aquisição de temperatura

[026] O processo de aquisição de temperatura baseou-se em ensaios com termopares fixados em posições diferentes, para cada condição apresentada. O termopar na posição 1 (T1) foi posicionado a 2 mm da superfície de corte, o termopar 2 (T2), foi posicionado a 4 mm e o termopar 3 (T3), a 6 mm da superfície. Este posicionamento buscou demonstrar o gradiente térmico na peça de trabalho. Os termopares adotados para o presente estudo de caso foram do tipo K, juntamente a transdutores sem fio T-24. Os sinais dos termopares foram enviados ao módulo de entrada analógica National Instrument modelo NI-9214, conectado ao chassi de ethernet cDaq-9188, também da National Instrument e lidos em um computador com software de análise Labview® a uma frequência de aquisição de 200 Hz.

Resultados para a aquisição de temperatura

[027] A Figura 4 apresenta os valores médios obtidos experimentalmente para a retificação à seco. Verifica-se que o termopar na posição 1 foi capaz de medir temperaturas de aproximadamente 755 °C, enquanto o termopar 2 obteve temperaturas médias de 675 °C e o último termopar obteve temperaturas de 420 °C. Tais resultados são coerentes com a literatura, tendo em vista que a temperatura na interface de contato entre aresta de corte e cavaco pode facilmente atingir os 1000° C. Dessa forma, sem nenhum método de dissipação de calor forçado, apenas com a convecção natural do ar ambiente, verifica-se o maior aquecimento em todos os pontos avaliados com o dado invento.

[028] A Figura 5 apresenta os valores médios de temperatura obtidos experimentalmente para a retificação com uso de MQL. Tradicionalmente, o

MQL promove maior taxa de dissipação térmica se comparado a usinagem à seco. Além disso, a presença de uma fina camada na interface de contato auxilia a redução do atrito e da formação de calor durante a retificação. Assim, os resultados médios obtidos foram de 505, 420 e 287 °C para os termopares 1, 2 e 3, respectivamente. A mistura ar comprimido com fluido de corte nebulizado auxilia na maior taxa de dissipação térmica, auxiliando no resfriamento da peça e redução erros provenientes das altas temperaturas.

[029] A Figura 5 apresenta os resultados obtidos experimentalmente para os ensaios com fluido de corte em abundância. Como esperado, maiores reduções na temperatura foram obtidas em comparação as demais circunstâncias. 295, 210 e 195 °C foram mensurados nos termopares 1, 2 e 3, conforme esta ordem. A menor temperatura promovida pela presença de maior volume de fluido de corte é benéfica para o processo de retificação, porém acarreta em danos ambientais e passivos trabalhistas.

Conclusão dos ensaios

[030] Diante dos resultados, o sistema de aquisição de temperaturas por meio de sinal de sem fio mostrou-se eficaz durante os ensaios. Não foram encontrados defeitos técnicos com a aplicação de fluido de corte, indicando que o presente invento pode ser aplicado em todas condições de retificação cilíndrica. Ainda, como comprovado pelos resultados aquisitados, a maior presença de fluido de corte foi capaz de reduzir significativamente a temperatura do corpo de prova, enquanto o MQL promoveu uma redução de temperatura intermediária entre a condição à seco e com fluido de corte.

[031] O dispositivo possui características funcionais com aspecto de fundamental caráter inovador. O mesmo condiz sobre a aquisição de temperatura da zona de corte, a qual é um problema nos processos de usinagem, em especial o de retificação, uma vez que tem como característica a rotação da peça ao passo que há também a rotação da ferramenta. Sabe-se que a geração de calor durante a usinagem é prejudicial ao processo de

retificação, uma vez que é comprovado que altas temperaturas são uma das principais causas do desgaste do rebolo, o que gera alto custo decorrente da baixa relação G (volume de material removido da peça em relação ao volume de rebolo gasto). Além do desgaste do rebolo, a alta temperatura pode ocasionar distorções no que diz respeito à manutenção das tolerâncias dimensionais, de rugosidade, desvio de circularidade e outras medições de caráter dimensional e/ou estrutural.

[032] Deste modo, uma forma de mensurar de forma precisa a temperatura na zona de corte contribuí para um melhor controle das dimensões finais das peças que estão sendo retificadas, podendo assim ser atribuída como algo de suma importância para um melhor controle de tolerâncias, bem como para a diminuição dos custos decorrentes do desgaste de rebolo, resultando em uma maior produtividade do mesmo. Reitera-se que o fato de existir uma medição da temperatura nas proximidades zona de corte, atrelado as informações de tratamentos térmicos do material, garante uma verificação de danos térmicos e/ou alteração microestrutural à peça durante o processo.

[033] Assim, o dispositivo apresentado possui características de âmbito diferenciado, principalmente no que diz respeito à aquisição de temperatura de peças submetidas a rotação por meio de transmissores de dados sem fio, podendo contribuir demasiadamente com o processo, auxiliando para a maximização da produção. A sua constituinte deve-se pelo fato de possibilitar uma medição precisa da temperatura na zona de corte por meio de transmissor de dados sem fio, auxiliando no estudo e controle de qualidades do processo, tendo assim a possibilidade de averiguar a necessidade, ou não, da minimização da temperatura durante a usinagem.

[034] Assim, pode-se com esse dispositivo agregar às indústrias, laboratórios e diversas empresas de pequeno, médio e grande porte, as quais podem utilizar dessa tecnologia como forma de melhorar o rendimento do

processo, mensurando a temperatura durante a usinagem, diminuindo assim, os danos causados pela geração de calor.

[035] Por fim, visando a aplicabilidade de mercado, bem como a eficiência do processo, tem-se todas as características pertinentes à eficiência, evidenciando a natureza original e inovadora da invenção. Ressalta-se, a relação custo/benefício do invento, uma vez que o mesmo apresenta baixo custo de construção, simplicidade de instalação, caráter não consumível e relativamente resistente, o que garante longa durabilidade ao equipamento. Por conseguinte, ainda tratando do caráter inovador e da relação custo/benefício, tem-se a asserção de que um produto versátil e funcional, pois supri as primazias de longa durabilidade e boa aplicabilidade, atendendo absolutamente às necessidades dos usuários, em concordância com o que se demonstrará com os desenhos que acompanham e ilustram o presente pedido. Isto posto, pelas vantagens técnicas e de aplicabilidade, que garantem um ganho para todo processo de retificação, o presente objeto reúne as condições necessárias para alcançar o privilégio pleiteado.

REIVINDICAÇÕES

1 - APARATO DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA EM PEÇAS SOB ROTAÇÃO ATRAVÉS DE SISTEMA DE TERMOPAR COM TRANSMISSÃO SEM FIO, caracterizado por compreender ao menos um termopar (6) no interior da peça de trabalho (2), ligado através dos conectores de termopar (7) e do cabo de conexão (8) até o transmissor de dados (9), o qual é fixado ao eixo porta peça (5) através de uma abraçadeira de fixação (10) com parafusos (11) e porcas (12).

2 - APARATO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o transmissor de dados (9) pode ser de qualquer modelo, dimensões e geometria, desde que atenda as necessidades do dispositivo e não cause demasiado desbalanceamento no conjunto.

3 – APARATO, de acordo com as reivindicações 1 e 2, caracterizado pelo fato do cabo de conexão (8) ser de cobre ou qualquer material de condutividade elétrica.

4 - APARATO, de acordo com as reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que a abraçadeira de fixação (10) pode ser substituída por qualquer outro meio de fixação do transmissor de dados (9) ao eixo porta peça (5), tais como abraçadeiras de materiais poliméricos, solda, entre outros.

5 - APARATO, de acordo com as reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o sistema de aquisição de dados que receberá o sinal do transmissor de dados (9) pode ser de qualquer natureza, de modo a permitir a leitura da temperatura da superfície de peça de trabalho (2) obtida pelo termopar (6).

6 – USO DO APARATO, conforme descrito nas reivindicações 1 a 5, para medir temperatura em peças sob rotação e realizar a transmissão sem fio dos dados obtidos por meio de bluetooth, rádio, wifi, infravermelho, ou qualquer outra tecnologia que permita a transmissão de dados sem fio.

FIGURA 1

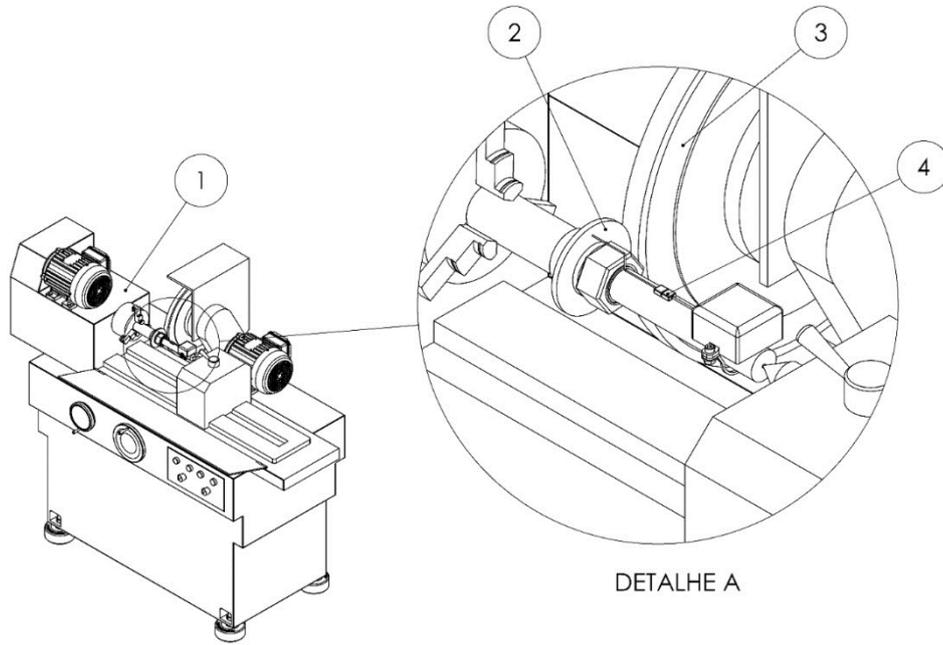


FIGURA 2

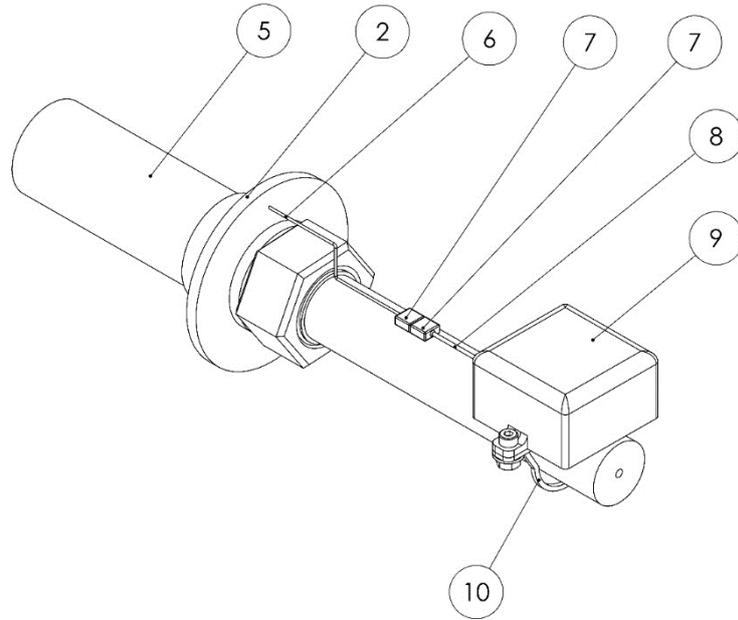


FIGURA 3

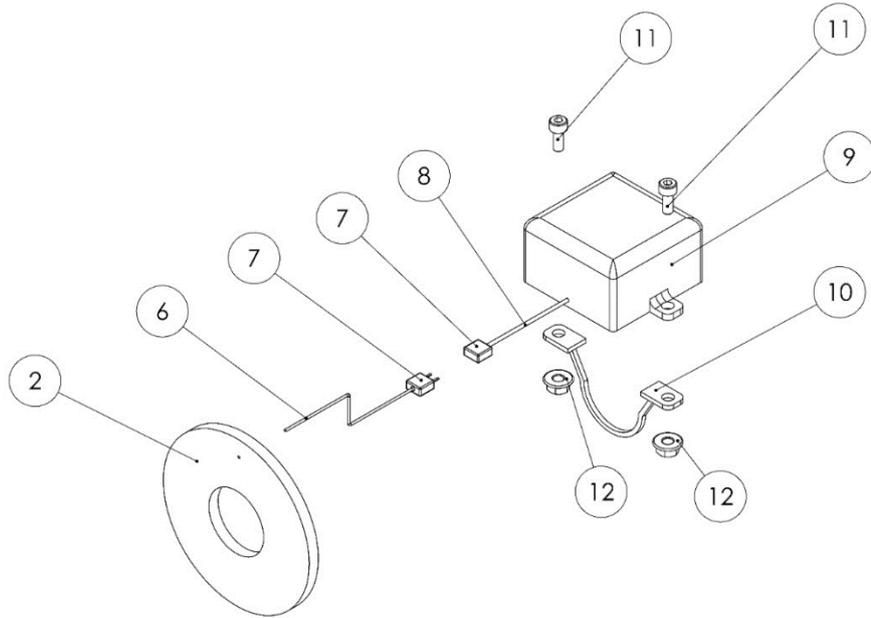


Figura 4

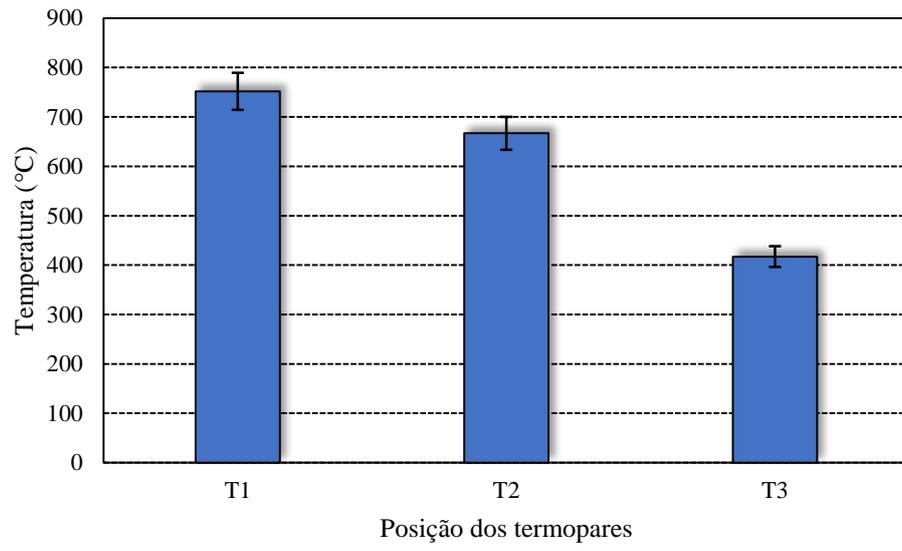


Figura 5

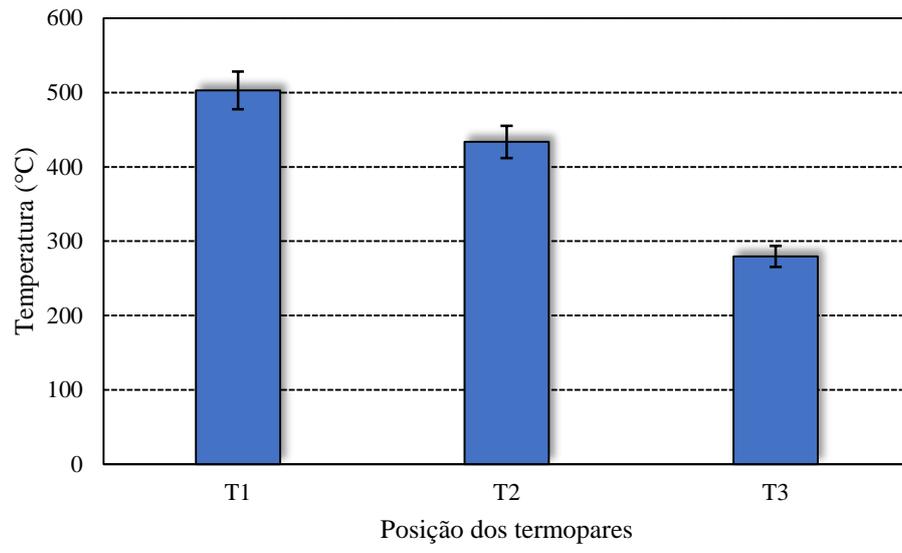
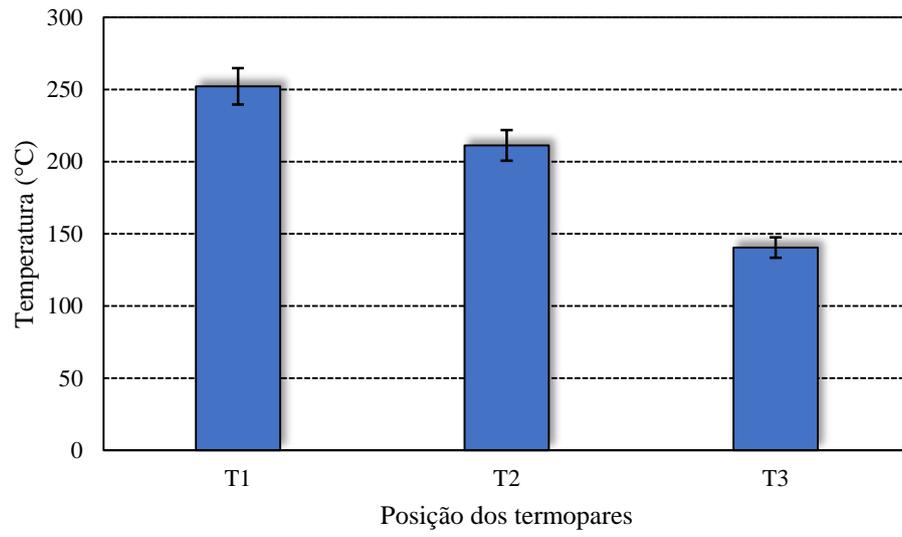


Figura 6



RESUMO

APARATO DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA EM PEÇAS SOB ROTAÇÃO ATRAVÉS DE SISTEMA DE TERMOPAR E ANEL COLETOR

Confere-se ao presente invento, pertencente ao campo das engenharias, um dispositivo de aquisição de temperatura de peças submetidas à rotação para aplicação em máquinas-ferramenta, que diz respeito à conexão de ao menos um termopar inserido na peça (próximo a superfície) ligado à um sistema de aquisição de temperatura sem fio submetido a mesma rotação da peça através de conectores de termopar e cabo de conexão. O transmissor de dados será fixado ao mesmo eixo que a peça através de abraçadeira de fixação. Sua constituinte aplica-se no que diz respeito à utilização de um termopar, conectores de termopar, cabo de conexão, transmissor de dados (de qualquer modelo, desde que atenda às necessidades de transmissão de dados e que seja possível fixar no mesmo eixo que a peça), abraçadeira de fixação, parafusos e porcas. O dispositivo contará com um sistema de aquisição de dados de qualquer natureza, captando as informações de temperatura a partir dos sinais emitidos pelo transmissor de dados. O invento consiste na captação e transmissão de sinais de temperatura da peça. São reivindicados o aparato e seu uso.