



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

(21) BR 102021012724-4 A2



(22) Data do Depósito: 25/06/2021

(43) Data da Publicação Nacional: 27/12/2022

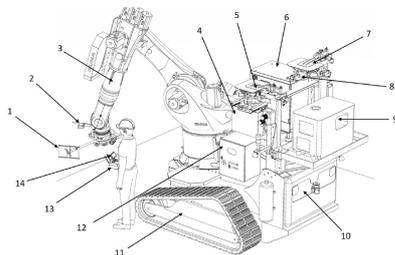
(54) Título: SISTEMA ROBOTIZADO MÓVEL DE AMPLIFICAÇÃO DE FORÇA

(51) Int. Cl.: B25J 5/00; B25J 9/16.

(71) Depositante(es): PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS; INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA - ITA.

(72) Inventor(es): MEHELANGELO VIANA MANCUZO; LUÍS GONZAGA TRABASSO; WILSON DA CUNHA LARA JUNIOR; CARLOS CESAR APARECIDO EGUTI; WESLEY RODRIGUES OLIVEIRA; ULISSES HABER CANUTO.

(57) Resumo: SISTEMA ROBOTIZADO MÓVEL DE AMPLIFICAÇÃO DE FORÇA (EXOBOT). A presente invenção propõe um sistema robotizado móvel capaz de realizar a movimentação, manipulação e instalação precisa de cargas industriais (dutos, chapas, equipamentos, peças, materiais etc.), utilizando para isso um único operador e apresentando facilidades de uso. A invenção é basicamente composta por um robô industrial (3) tipo antropomórfico e uma plataforma móvel com esteiras (11). A capacidade de carga da invenção está limitada pela capacidade de carga máxima do robô industrial empregado. A etapa de posicionamento preciso conta com um sistema especial de amplificação da força (exoesqueleto externo) capaz de movimentar uma carga fixada no punho do robô industrial (posição e orientação) com ações de força de um operador, diretamente sobre o punho do robô, ou através de uma extensão de segurança. O sistema robotizado pode ser controlado por rádio controle, capaz de permitir tanto o controle do robô, quanto a movimentação da plataforma. O sistema proposto desta invenção compreende uma plataforma móvel para todo tipo de terreno, braço robótico industrial, efetuator para manipulação de dutos, um efetuator para pegar chapas metálicas, os respectivos suportes de efetutores num sistema de troca rápida de ferramentas, gerador elétrico à diesel, rádio controle industrial, sensores de (...).



“SISTEMA ROBOTIZADO MÓVEL DE AMPLIFICAÇÃO DE FORÇA (EXOBOT)”

Campo da Invenção

[0001] A presente invenção está baseada no desenvolvimento de um sistema para movimentação e posicionamento de cargas com massa de até 400kg.

[0002] O sistema proposto poderá ser utilizado em ambientes remotos, atuando de maneira remota.

Descrição do Estado da Técnica

[0003] A movimentação e o posicionamento de peças de massa elevada, fora dos limites físicos humanos (tipicamente acima de 50kg) são tarefas rotineiras em canteiros de obras e lugares afins que exigem o uso constante de guindastes, caminhões com sistema munck, ou içadores ancorados ou patolados no solo. Os recursos de ancoragem desses equipamentos restringem a movimentação da carga para a região de seu raio de ação, não permitindo assim sua movimentação fora dessa região. Além disso, o posicionamento preciso da carga está limitado à destreza de operação dos controles do referido guindaste por parte do respectivo operador, o qual, muitas vezes, precisa de apoio externo (auxílio de outro operador) para indicar o devido local de armazenagem, definitiva ou temporária da carga.

[0004] Guindastes possuem um raio de ação maior, quando comparado com guindastes hidráulicos de caminhões, conhecidos como sistema Munck. Porém, sua altura e dimensões elevadas restringem seu uso em aplicações externas. Alguns guindastes móveis exigem ainda vias de acesso e de movimentação preparadas, já que sua massa elevada, presença de esteiras metálicas e contrapesos, demandam terrenos planos, nivelados e livres de lama.

[0005] Em muitas situações do cotidiano de uma obra é necessário realizar a descarga de equipamentos e materiais em locais de armazenagem temporária.

Feito isso, tais equipamentos ou materiais devem ser transportados ao local definitivo de instalação ou uso. Essa sequência de procedimentos faz uso, de forma geral, de um caminhão com sistema munck e de um guindaste, os quais exigem equipes especializadas para cada um desses meios.

[0006] A logística de movimentação da carga exige ainda operadores especializados, treinados e certificados para realizar o controle de cada um dos equipamentos envolvidos; no entanto, a dificuldade maior está no posicionamento preciso da peça, equipamento ou materiais, nos locais definitivos de sua instalação. A perícia do operador é fundamental para realizar essas operações com segurança e rapidez.

[0007] De acordo com a Norma Regulamentadora 17 (Art. 17.2.2 da NR17), não é admitido que trabalhadores realizem transporte manual de cargas cujo peso seja suscetível de comprometer sua saúde ou sua segurança. Desta forma, canteiros de obras, construções ou em qualquer ambiente industrial que possuam processos de transporte de curta distância de peças com massa próxima ou acima da capacidade humana, é necessário a utilização de diferentes veículos para realizar o transporte, içamento e instalação de equipamentos ou cargas. Para cada tipo diferente de equipamento de transporte ou movimentação de cargas é necessário seu respectivo operador, devidamente treinado e certificado para realizar a devida operação.

[0008] O documento US6535793B2 revela métodos para controlar remotamente um robô móvel e uma interface intuitiva para o usuário controlar remotamente o robô. De acordo com o documento US6535793B2, a comunicação entre o computador e o robô pode ser feita via rádio. Para auxiliar o usuário, uma câmera integrada ao robô é utilizada, gerando então a imagem de objetos de interesse ao redor do robô. Apesar apresentar um robô remotamente controlado, este, porém, não é capaz de transportar ou manipular cargas com peso consideráveis.

[0009] O documento CN105904432A revela um robô industrial de empilhamento de tubos. O robô inclui um dispositivo de deslocamento, um suporte ajustável, um dispositivo rotativo, um mecanismo paralelo de três graus liberdade, e um

dispositivo de aperto. O robô industrial do documento CN105904432A pode realizar uma série de operações, incluindo agarrar, transportar e empilhar tubos, como os de conservação de água e de energia hidroelétrica. Apesar apresentar um robô capaz de carregar e manipular cargas, o robô do documento CN105904432A, porém, só é capaz de trabalhar com tubos limitando, portanto, sua versatilidade.

[0010] O documento US10793047B1 revela um robô móvel com uma superfície de apoio para suportar uma pluralidade de artigos e materiais de fixação. Um braço robótico é fixado ao robô e configurado para recolher autonomamente os artigos a partir de um local remoto do robô móvel, colocando-os nas posições desejadas em uma superfície de apoio, e fixando-os autonomamente. Apesar apresentar um robô remotamente controlado e possuir um braço robótico, o robô do documento US10793047B1, porém, não é capaz de transportar ou manipular cargas com pesos consideráveis.

[0011] Diante dos desafios apresentadas no Estado da Técnica para soluções de movimentação e manipulação de cargas de peso considerável e, frente aos documentos com soluções similares, mas que não apresentam as características únicas da invenção, este documento apresenta detalhadamente todos os pontos com potencial de inovação da referida invenção.

Objetivo da invenção

[0012] A presente invenção gera uma economia de tempo na execução de diferentes operações de movimentação e transporte de cargas, reduzindo o uso de máquinas alocadas em campo, aumentando assim a segurança dos operadores e, conseqüentemente, economia global na execução de uma obra ou trabalho em campo, principalmente externo.

[0013] É ainda um objetivo da invenção reduzir a equipe de trabalho, podendo ser de um único operador, reduzindo assim o risco de acidentes em pessoal mobilizado, contribuindo para aumentar os índices de segurança de trabalho,

atendendo diretamente as NR 11 (Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais), NR 17 (Ergonomia), dentre outras.

Descrição Resumida da Invenção

[0014] De forma a alcançar os objetivos acima descritos, a presente invenção propõe e apresenta um sistema capaz de realizar o transporte em pequenas distâncias, manipulação e instalação precisa de cargas (dutos, chapas, equipamentos, peças, materiais etc.), utilizando para isso uma equipe reduzida de operadores e apresentando facilidades no seu uso. A etapa de posicionamento preciso conta com um sistema especial de amplificação da força capaz de movimentar a carga (posição e orientação) manualmente, sem a necessidade de controles especiais (tipo alavancas, botões, joysticks ou válvulas). Um sistema robotizado está fixado numa plataforma móvel e assim, realiza a função de um exoesqueleto externo, capaz de permitir a movimentação da carga pelo mesmo operador responsável pelo transporte ou instalação.

Breve Descrição dos Desenhos

[0015] A presente invenção será descrita com mais detalhes a seguir, com referência às figuras em anexo que, de uma forma esquemática e não limitativa do escopo inventivo, representam exemplos de realização de sua realização.

Descrição Detalhada da Invenção

[0016] Abaixo segue descrição detalhada de uma concretização da presente invenção, de cunho exemplificativo e de forma nenhuma limitativo. Não obstante, ficarão claras para um técnico no assunto, a partir da leitura desta descrição,

possíveis concretizações adicionais e variações da presente invenção ainda compreendidas pelas características essenciais e opcionais abaixo.

[0017] A presente invenção pode ser utilizada em diferentes processos de montagem (equipamentos estáticos), dutos vias, esferas para armazenamento de gás, construção e manutenção de refinarias, processos de limpeza de tanques, posicionamento de cargas com precisão, manipulação de chapas para soldagem, estocagem temporário de peças e outros. Seu uso pode ser tanto civil, quanto militar, podendo atuar em outros ramos industriais, a exemplo da indústria nuclear, naval, ferroviária, metroviária, rodoviária para movimentar mediante a movimentação de peças e equipamentos diretamente pela ação e comando de um operador.

[0018] O sistema desta invenção atua como um exoesqueleto externo, onde um robô industrial tipo antropomórfico de 6 graus de liberdade suporta uma carga, de até 400kg, que é movimentada pela ação de um operador, diretamente sobre a carga, sem necessidade de programação, uso de controle remoto ou da interface de operação do robô. Assim, seu uso para a movimentação de materiais é muito amplo, bastando para isso realizar a correta fixação da carga num respectivo efetuador. Cabe ao operador realizar movimentos de puxar, empurrar e girar a carga para que o robô execute, de forma sincronizada, os respectivos movimentos nas direções impostas pelo operador. Nenhum conhecimento prévio de programação de robôs é necessário ao operador. A carga pode ser colocada em qualquer posição e orientação, dentro do raio de ação do robô, permanecendo parada em sua última posição e orientação, quando nenhuma força externa agir sobre a carga.

[0019] Na Figura 1 estão representados os seguintes itens: Volante de guiagem a distância (1), Câmera de vídeo A (2), Robô industrial (3), Efetuador Gripper (4), Suporte do efetuador Gripper (5), Armário de controle do robô (6), Suporte do efetuador Pega-Chapa (7), Efetuador Pega-Chapa (8), Gerador de energia (9), Acesso ao motor da plataforma móvel com esteiras (10), Plataforma móvel com

esteiras (11), Armário de controle geral (12), Controle remoto do sistema (13), Monitor de vídeo das câmeras A e B (14).

[0020] Na Figura 2, outra vista da invenção, estão representados os seguintes itens, alguns repetidos da Figura 1: Câmera de vídeo A (2), Robô industrial (3), armário de controle do robô (6), suporte do efetuator Pega-Chapas (7), Efetuator Pega-Chapas (8), Gerador de energia (9), Acesso ao motor da plataforma móvel com esteiras (10), Plataforma móvel com esteiras (11), Controle remoto do sistema (13), Monitor de vídeo das câmeras A e B (14), Câmera de vídeo B (15).

[0021] De acordo com as Figuras 1 e 2, o sistema robotizado móvel de amplificação de força é formado por uma plataforma móvel com esteiras (11), com capacidade de locomoção em qualquer terreno, onde recebe um robô industrial antropomórfico com seis graus de liberdade (3), totalizando oito graus de liberdade considerando o movimento da plataforma móvel. A estrutura da plataforma móvel (11) ainda tem a função de suportar todos os outros equipamentos, tais como: efetuator Gripper (4), efetuator Pega-Chapas (8), os suportes dos efetutores (5) e (7), gerador de energia elétrica (9), armário de controle do robô (6), compressor de ar, unidade hidráulica, (não visível) e demais equipamentos e sensores.

[0022] De forma a aumentar a segurança de movimentação da carga, um dispositivo extra de guiamento (1) pode ser adicionado ao sistema do exoesqueleto para assim permitir ao operador manipular a carga a uma distância de 1,0m de sua respectiva sombra perpendicular. Isso assegura que, no advento de uma falha no sistema de fixação, a queda da carga não atinja o operador, principalmente seus membros inferiores, como pés e pernas. Esse dispositivo de guiamento (1) consiste de um tubo de alumínio de 1,0m de comprimento, com um volante de controle. As ações de puxar, empurrar e girar a carga podem ser aplicadas nesse volante, sem prejuízo a capacidade do exoesqueleto do sistema.

[0023] A fixação da carga depende exclusivamente do tipo de efetuator utilizado (também se referido como ferramenta ou garra). Para permitir a troca entre diferentes tipos de efetutores, o robô está equipado com um trocador de

ferramentas (19), mostrado na Figura 3, de uso industrial, formado por um acoplador mestre (*master*), fixado no punho do robô (3), e demais acopladores escravos (*tools*), cada um devidamente fixado nos efetuadores.

[0024] A presente invenção usa dois tipos de efetuadores, sendo um exclusivo para manipulação de dutos, (apelidado de Gripper) (4) e outro para chapas de aço (Pega-Chapas) (8). No entanto, a invenção não está limitada somente a dutos e chapas, pois é possível usar diferentes tipos de efetuadores, sendo para isso necessário instalar um acoplador escravo nesse novo efetuator.

[0025] Os trocadores de ferramenta podem ser de qualquer tipo e modelo, desde de que atendam aos requisitos de carga, momento de inércia e troca rápida de sinais entre robô e ferramenta. A operação de troca de ferramentas utiliza ar comprimido para abrir, fechar e travar o acoplador mestre no escravo. Devido a isso, mas não limitado ao uso de ar comprimido, a invenção utiliza um compressor de ar para prover essa fonte de energia, (não visível, pois está instalado no interior da plataforma móvel). Outros modelos de trocadores de ferramenta podem ser empregados na invenção, podendo ser de natureza elétrica, mecânica ou hidráulica.

[0026] O sistema não está limitado ao uso de uma plataforma móvel de esteiras (11), podendo ser uma plataforma móvel com rodas de qualquer material, esteira metálica ou de borracha, uso em trilhos ou qualquer sistema de locomoção de uso industrial e para qualquer tipo de terreno (asfalto, terra, lama, neve, grama, concreto etc.), desde de que possua a capacidade para suportar a massa do robô, a respectiva carga de até 400kg, os trocadores e efetuadores. A fonte de energia da plataforma móvel (10) não está limitada ao uso de motorização diesel, podendo ser a base de gasolina, álcool, gás natural, GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) ou elétrica, através de bancos de baterias de qualquer tipo, além de células combustíveis ou turbina.

[0027] O gerador de energia elétrica (9) não está limitado ao uso de diesel, podendo ser um gerador a gasolina, álcool ou qualquer outro tipo de combustível, desde de que desempenhe a função de gerador. Esse equipamento ainda pode ser

instalado junto com o motor da plataforma móvel (10), aproveitando parte da energia motora do motor da plataforma.

[0028] O armário de controle do robô (6) pode ser unificado com o armário de controle geral da invenção (12), possuindo assim um único armário para abrigar todos os equipamentos elétricos e eletrônicos da invenção.

[0029] De forma a auxiliar o operador em condições de difícil acesso, o sistema possui duas câmeras de vídeo (2) e (15) com a finalidade de enviar as imagens em tempo real para um monitor portátil (14), fixado junto ao controle remoto do sistema (13), o qual está fixado na cintura do operador através de um cinturão. Esse sistema não atrapalha o movimento dos braços do operador, deixando-os livres para outras operações.

[0030] A invenção está limitada a cargas de até 400kg devido às limitações operacionais do robô industrial (3) utilizado. Uma vez que existe uma ampla faixa de capacidade de carga (*payload*) para robôs industriais disponíveis no mercado, a invenção pode trabalhar com cargas maiores ou menores, desde de que outro robô seja utilizado.

[0031] A invenção faz uso de duas células de carga (18) e (20), com limites operacionais distintos, conforme mostra na Figura 3. A célula de carga de maior capacidade (20) é destinada para monitorar a carga no efetuador e detectar colisão da carga, com faixa de uso compatível com a capacidade do robô (400kg). A célula de carga de menor capacidade (18) é usada no ciclo de controle do exoesqueleto, fixada no aro de guiagem (16), conforme Figura 3. Essa última é a responsável em medir as ações de força e torque do operador (puxar, empurrar e girar) e transmitir ao robô (3) num ciclo de controle de tempo real, realizando assim a principal função dessa invenção. O aro de guiagem (16) pode ser manuseado diretamente com a mão do operador ou indiretamente, com a ferramenta de guiagem a distância (1). Um botão de acionamento (17) e (21), ambos apresentados na Figura 3, atuam como botão de segurança, liberando os movimentos do robô somente quando estão

pressionados. Isso evita que, caso o operador solte a carga ou o volante, o robô faça qualquer movimento indesejável.

[0032] A função de exoesqueleto da invenção (ou operação assistida) está implementada num algoritmo de tempo real executado num computador industrial, instalado dentro do armário de controle geral (12). Esse programa interpreta os sinais da célula de carga (18) e realiza a respectiva movimentação do robô industrial (3). O computador industrial utilizado representa um sistema embarcado de alto desempenho, alta confiabilidade e a prova de falhas.

[0033] O robô industrial (3) também pode ser controlado através de um controle remoto (13), sendo essa uma alternativa de movimentação quando a carga estiver fora do alcance do operador. Em determinadas posições o punho do robô pode alcançar a altura de 5,5m, exigindo assim o uso do controle remoto (13) para colocar o punho e, conseqüentemente, o efetuator com a carga, numa altura adequada para operação assistida pelo operador. Esse controle remoto também é responsável pela movimentação da plataforma móvel (11), já que não existe cabine ou controles manuais de movimentação. Essas funções de movimentação com o uso do controle remoto (13), tanto do robô (3), quanto da plataforma móvel (11), estão implementadas no ciclo de controle do computador industrial.

Reivindicações

1- SISTEMA ROBOTIZADO MÓVEL DE AMPLIFICAÇÃO DE FORÇA, caracterizado por compreender uma plataforma móvel (11), com capacidade para deslocamentos em diferentes tipos de terrenos, trocador de ferramentas (19), transdutores de força (Células de Carga) (18) e (20), Câmera de Vídeo A e B (2) e (15), robô industrial (3), efetuator para dutos (4), efetuator para chapas (8), suporte de efetutores (5) e (7), gerador de energia (9), controle remoto (13), compressor de ar e computador industrial de tempo real.

2- SISTEMA ROBOTIZADO MÓVEL DE AMPLIFICAÇÃO DE FORÇA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo uso de um robô industrial (3) de alta capacidade de carga (400kg) e 6 graus de liberdade com capacidade de movimentação da carga (posição e orientação) sem a necessidade de programação, através de um sistema de controle de amplificação de força realizado diretamente sobre o punho do robô, somente com a força do operador, em ações de puxar, empurrar e girar.

3- SISTEMA ROBOTIZADO MÓVEL DE AMPLIFICAÇÃO DE FORÇA, de acordo com as reivindicações 1 e 2, caracterizado pelo uso de uma ferramenta de guiagem (1), que permite a um operador a capacidade de movimentação da carga (posição e orientação), numa distância segura de operação.

4- SISTEMA ROBOTIZADO MÓVEL DE AMPLIFICAÇÃO DE FORÇA, de acordo com as reivindicações 1, 2 e 3, caracterizado pela completa movimentação de uma plataforma móvel (11) e robô industrial (3), através de um controle remoto industrial (13), totalizando 8 graus de liberdade (6 robô + 2 plataforma móvel).

Desenhos

Figura 1

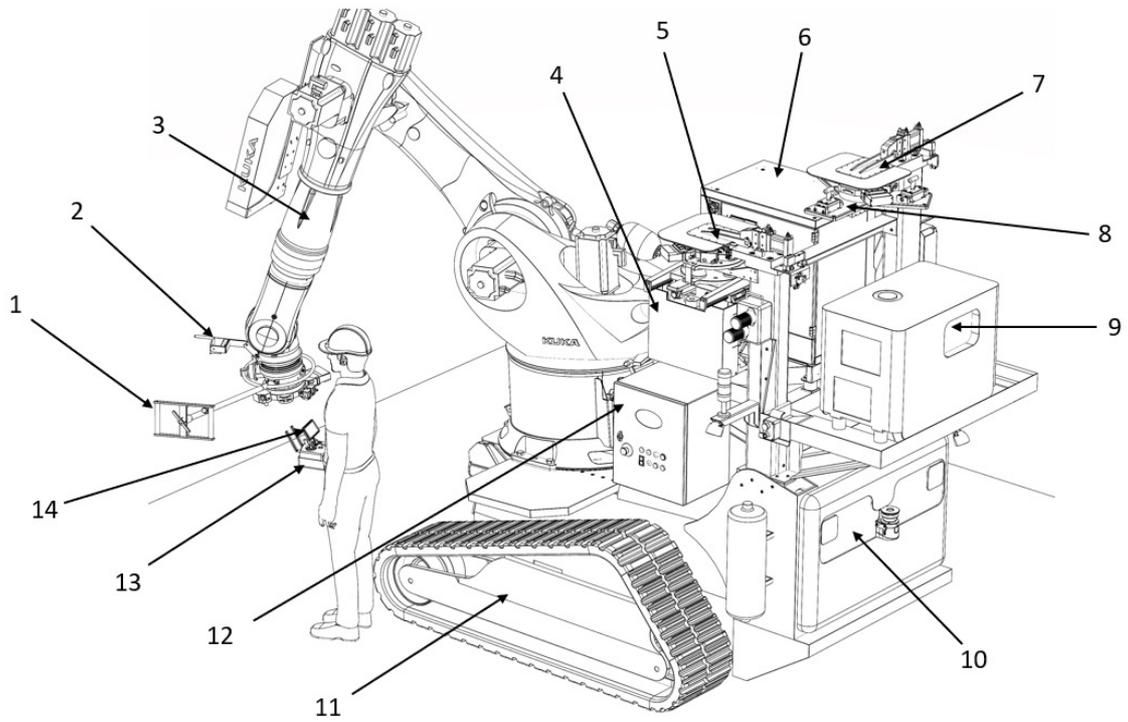


Figura 2

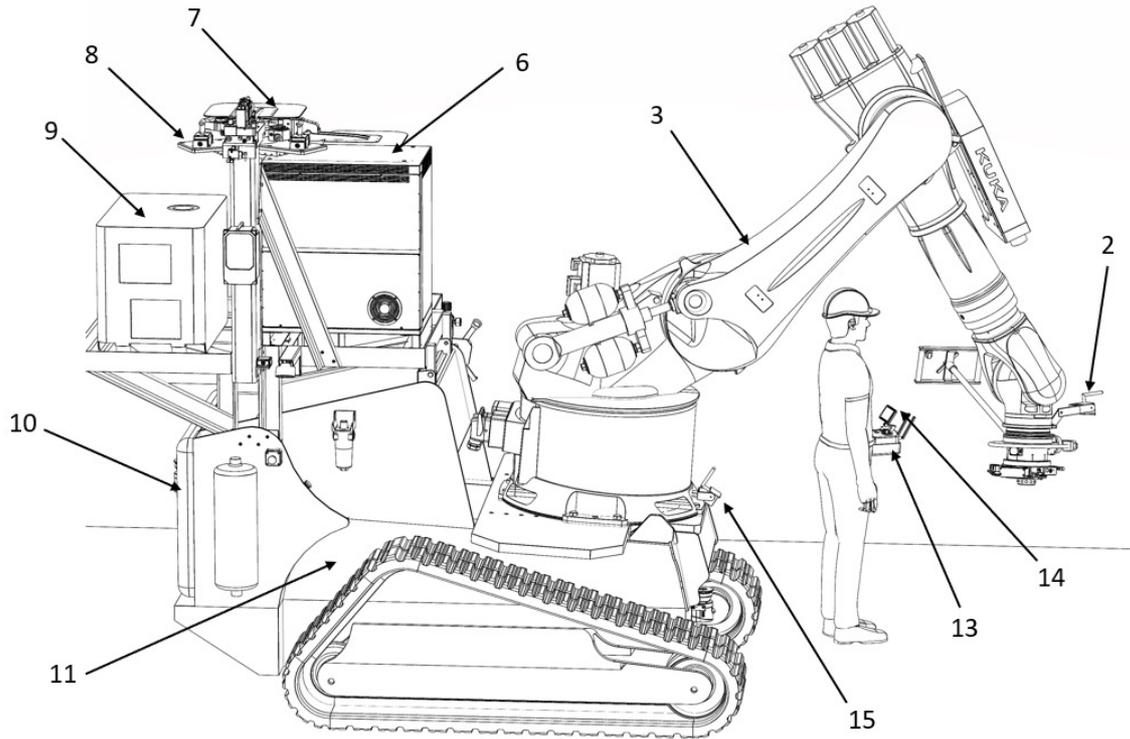
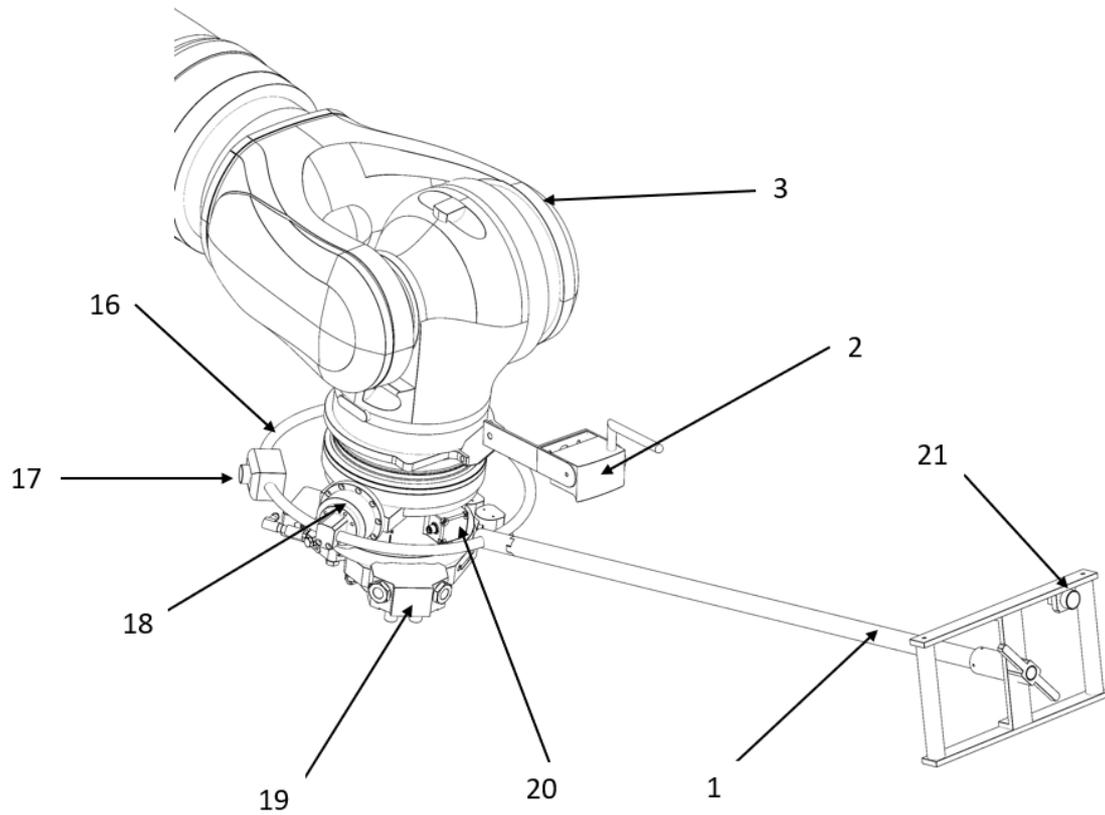


Figura 3



Resumo

“SISTEMA ROBOTIZADO MÓVEL DE AMPLIFICAÇÃO DE FORÇA (EXOBOT)”

A presente invenção propõe um sistema robotizado móvel capaz de realizar a movimentação, manipulação e instalação precisa de cargas industriais (dutos, chapas, equipamentos, peças, materiais etc.), utilizando para isso um único operador e apresentando facilidades de uso. A invenção é basicamente composta por um robô industrial (3) tipo antropomórfico e uma plataforma móvel com esteiras (11). A capacidade de carga da invenção está limitada pela capacidade de carga máxima do robô industrial empregado. A etapa de posicionamento preciso conta com um sistema especial de amplificação da força (exoesqueleto externo) capaz de movimentar uma carga fixada no punho do robô industrial (posição e orientação) com ações de força de um operador, diretamente sobre o punho do robô, ou através de uma extensão de segurança. O sistema robotizado pode ser controlado por rádio controle, capaz de permitir tanto o controle do robô, quanto a movimentação da plataforma.

O sistema proposto desta invenção compreende uma plataforma móvel para todo tipo de terreno, braço robótico industrial, efetuador para manipulação de dutos, um efetuador para pegar chapas metálicas, os respectivos suportes de efetadores num sistema de troca rápida de ferramentas, gerador elétrico à diesel, radio controle industrial, sensores de segurança e monitor de vídeo para duas câmeras posicionadas na estrutura do robô.