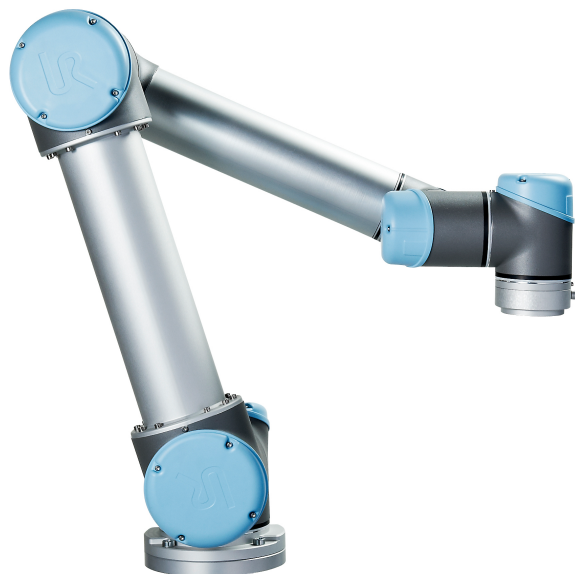




UNIVERSAL ROBOTS

Manual do Usuário



UR5 / CB3

Tradução das instruções originais (pt)



UNIVERSAL ROBOTS

Manual do Usuário

UR5/CB3

Versão 3.6.0

Tradução das instruções originais (pt)

As informações contidas no presente documento são propriedade da Universal Robots A/S e não devem ser reproduzidas total nem parcialmente sem aprovação prévia por escrito da Universal Robots A/S. As informações contidas no presente documento estão sujeitas a alterações sem aviso prévio e não devem ser consideradas como um compromisso da Universal Robots A/S. Este manual é revisado e revisto periodicamente.

A Universal Robots A/S não assume nenhuma responsabilidade decorrentes de erros ou omissões deste documento.

Copyright © 2009–2018 da Universal Robots A/S

O logotipo da Universal Robots é uma marca registrada da Universal Robots A/S.

Conteúdo

| | |
|---|-------------|
| Prefácio | ix |
| O Que Se Encontra Dentro das Caixas | ix |
| Aviso de Segurança Importante | ix |
| Como ler este manual | x |
| Onde encontrar mais informações | x |
| | |
| I Manual de Instalação de Hardware | I-1 |
| | |
| 1 Segurança | I-3 |
| 1.1 Introdução | I-3 |
| 1.2 Validação e Responsabilidade | I-3 |
| 1.3 Limitação de Responsabilidade | I-4 |
| 1.4 Símbolos de advertência contidos neste manual | I-4 |
| 1.5 Advertências e Precauções Gerais | I-5 |
| 1.6 Finalidade | I-8 |
| 1.7 Avaliação de Risco | I-8 |
| 1.8 Parada de Emergência | I-10 |
| 1.9 Movimento Com e Sem Movimento Acionado | I-10 |
| | |
| 2 Funções e Interfaces Relacionadas à Segurança | I-13 |
| 2.1 Introdução | I-13 |
| 2.2 Tempos de parada do Sistema de Segurança | I-14 |
| 2.3 Funções Relacionadas à Segurança com Limitação | I-14 |
| 2.4 Modos de Segurança | I-15 |
| 2.5 Interfaces elétricas relacionadas à segurança | I-17 |
| 2.5.1 Entradas elétricas relacionadas à segurança | I-17 |
| 2.5.2 Saídas elétricas de classificação de segurança | I-19 |
| | |
| 3 Transporte | I-21 |
| | |
| 4 Interface Mecânica | I-23 |
| 4.1 Introdução | I-23 |
| 4.2 O espaço de trabalho do robô | I-23 |
| 4.3 Montagem | I-23 |
| 4.4 Carga útil máxima | I-28 |
| | |
| 5 Interface Elétrica | I-29 |
| 5.1 Introdução | I-29 |
| 5.2 Advertências e Precauções Elétricas | I-29 |
| 5.3 E/S do controlador | I-31 |
| 5.3.1 As especificações comuns para todas as E/S digitais | I-31 |
| 5.3.2 E/S de Segurança | I-33 |

| | | |
|----------|---|-------------|
| 5.3.3 | E/S digital de uso geral | I-36 |
| 5.3.4 | Entrada Digital a partir de um botão | I-37 |
| 5.3.5 | Comunicação com outras máquinas ou PLCs | I-37 |
| 5.3.6 | E/S Analógica de uso geral | I-37 |
| 5.3.7 | Controle remoto LIGAR/DESLIGAR | I-39 |
| 5.4 | E/S da ferramenta | I-40 |
| 5.4.1 | Saídas digitais da ferramenta | I-41 |
| 5.4.2 | Entradas digitais da ferramenta | I-42 |
| 5.4.3 | Entradas analógicas da ferramenta | I-43 |
| 5.5 | Ethernet | I-44 |
| 5.6 | Principais conexões | I-44 |
| 5.7 | Conexão com o Robô | I-45 |
| 6 | Manutenção e Conserto | I-47 |
| 6.1 | Instruções de segurança | I-47 |
| 7 | Descarte e Meio Ambiente | I-49 |
| 8 | Certificações | I-51 |
| 8.1 | Certificação de Terceiros | I-51 |
| 8.2 | Certificação de Terceiros pelos Fornecedores | I-51 |
| 8.3 | Certificação de Teste do Fabricante | I-52 |
| 8.4 | Declarações de acordo com as diretrizes da União Europeia | I-52 |
| 9 | Garantias | I-53 |
| 9.1 | Garantia do Produto | I-53 |
| 9.2 | Isenção de responsabilidade | I-53 |
| A | Tempo e Distância de Parada | I-55 |
| A.1 | Tempos e distâncias de parada da Categoria de Parada 0 | I-55 |
| B | Declarações e Certificados | I-57 |
| B.1 | CE/EU Declaration of Incorporation (original) | I-57 |
| B.2 | Declaração de Incorporação CE/EU (Tradução do original) | I-58 |
| B.3 | Certificado de Sistema de Segurança | I-59 |
| B.4 | Certificado de teste ambiental | I-60 |
| B.5 | Certificado de teste EMC | I-61 |
| B.6 | Certificados de testes em salas limpas | I-62 |
| C | Normas Aplicadas | I-65 |
| D | Especificações técnicas | I-73 |
| E | Safety Functions Tables | I-75 |
| E.1 | Table 1 | I-75 |
| E.2 | Table 2 | I-78 |

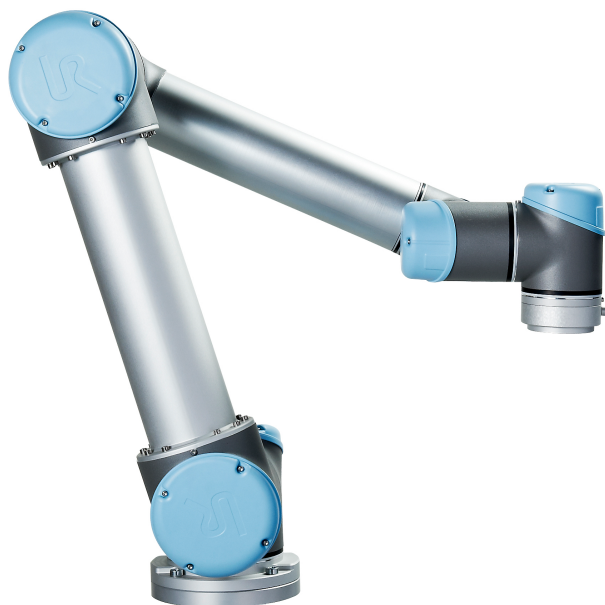
| | | |
|-----------|---|--------------|
| II | Manual do PolyScope | II-1 |
| 10 | Configuração de Segurança | II-3 |
| 10.1 | Introdução | II-3 |
| 10.2 | Alterando a Configuração de Segurança | II-4 |
| 10.3 | Sincronização de Segurança e Erros | II-5 |
| 10.4 | Tolerâncias | II-6 |
| 10.5 | Soma de verificação do sistema | II-6 |
| 10.6 | Modos de Segurança | II-6 |
| 10.7 | Modo de Condução Livre | II-7 |
| 10.7.1 | Operação reversa | II-7 |
| 10.8 | Senha de bloqueio | II-8 |
| 10.9 | Aplicar | II-8 |
| 10.10 | Limites Gerais | II-9 |
| 10.11 | Limites das Articulações | II-11 |
| 10.12 | Limites | II-12 |
| 10.12.1 | Selecionar um limite a ser configurado | II-13 |
| 10.12.2 | Visualização 3D | II-14 |
| 10.12.3 | Configuração do plano de segurança | II-14 |
| 10.12.4 | Configuração de Limites da Ferramenta | II-17 |
| 10.13 | E/S de Segurança | II-19 |
| 10.13.1 | Sinais de Entrada | II-19 |
| 10.13.2 | Sinais de Saída | II-21 |
| 11 | Iniciar programação | II-23 |
| 11.1 | Introdução | II-23 |
| 11.2 | Introdução | II-23 |
| 11.2.1 | Como instalar o braço do robô e a caixa de controle | II-24 |
| 11.2.2 | Como ligar e desligar a caixa de controle | II-24 |
| 11.2.3 | Como ligar e desligar o braço do robô | II-24 |
| 11.2.4 | Início rápido | II-25 |
| 11.2.5 | O primeiro programa | II-25 |
| 11.3 | Interface de Programação PolyScope | II-26 |
| 11.4 | Tela de Boas-vindas | II-28 |
| 11.5 | Tela de inicialização | II-29 |
| 12 | Editores na tela | II-31 |
| 12.1 | Editor de expressão na tela | II-31 |
| 12.2 | Tela Editor de Posição | II-31 |
| 13 | Controle do robô | II-35 |
| 13.1 | Guia Mover | II-35 |
| 13.1.1 | Robô | II-35 |
| 13.1.2 | Função e posição da ferramenta | II-36 |
| 13.1.3 | Mover Ferramenta | II-36 |
| 13.1.4 | Mover Articulações | II-36 |
| 13.1.5 | Condução Livre | II-36 |
| 13.2 | Guia E/S | II-37 |

Copyright © 2009–2018 da Universal Robots A/S. Todos os direitos reservados.

| | | |
|-----------|--|--------------|
| 13.3 | E/S do cliente MODBUS | II-38 |
| 13.4 | Guia Movimento Automático | II-39 |
| 13.5 | Instalação → Carregar/Salvar | II-40 |
| 13.6 | Instalação → Configuração do TCP | II-41 |
| 13.6.1 | Adição, modificação e remoção de TCPs | II-41 |
| 13.6.2 | O TCP padrão e o ativo | II-42 |
| 13.6.3 | Ensinando posição do TCP | II-42 |
| 13.6.4 | Atingindo a orientação do TCP | II-43 |
| 13.6.5 | Carga útil | II-43 |
| 13.6.6 | Centro de gravidade | II-44 |
| 13.7 | Instalação → Montagem | II-45 |
| 13.8 | Instalação → Configuração de E/S | II-46 |
| 13.8.1 | Tipo de sinal E/S | II-46 |
| 13.8.2 | Atribuição de nomes definidos pelo usuário | II-47 |
| 13.8.3 | Ações E/S e Controle de Guia E/S | II-47 |
| 13.9 | Instalação → Segurança | II-47 |
| 13.10 | Variáveis de → Instalação | II-48 |
| 13.11 | Instalação → Configuração de E/S do cliente MODBUS | II-49 |
| 13.12 | Funções → da Instalação | II-52 |
| 13.12.1 | Usando um recurso | II-53 |
| 13.12.2 | Novo Ponto | II-54 |
| 13.12.3 | Nova Linha | II-55 |
| 13.12.4 | Recurso de Plano | II-56 |
| 13.12.5 | Exemplo: Atualizar manualmente um recurso para ajustar um programa | II-57 |
| 13.12.6 | Exemplo: Atualizar dinamicamente um recurso de pose | II-58 |
| 13.13 | Configuração de acompanhamento da correia | II-58 |
| 13.14 | Instalação → Programa Padrão | II-60 |
| 13.15 | Guia Log | II-62 |
| 13.15.1 | Salvando Relatórios de Erros | II-62 |
| 13.16 | Tela de Carregamento | II-63 |
| 13.17 | Guia Executar | II-65 |
| 14 | Programação | II-67 |
| 14.1 | Novo Programa | II-67 |
| 14.2 | Guia Programa | II-68 |
| 14.2.1 | Árvore de Programas | II-68 |
| 14.2.2 | Indicação de execução de programa | II-69 |
| 14.2.3 | Botão Pesquisar | II-69 |
| 14.2.4 | Botões Desfazer/Refazer | II-70 |
| 14.2.5 | Painel do programa | II-70 |
| 14.3 | Variáveis | II-71 |
| 14.4 | Comando: Vazio | II-71 |
| 14.5 | Comando: Mover | II-72 |
| 14.6 | Comando: Ponto de Rota Fixo | II-75 |
| 14.7 | Comando: Ponto de Rota Relativo | II-80 |
| 14.8 | Comando: Ponto de Rota Variável | II-81 |
| 14.9 | Comando: Aguardar | II-82 |

| | |
|---|---------------|
| 14.10 Comando: Definir | II-82 |
| 14.11 Comando: Pop-up | II-83 |
| 14.12 Comando: Parar | II-84 |
| 14.13 Comando: Comentário | II-84 |
| 14.14 Comando: Pasta | II-85 |
| 14.15 Comando: Loop | II-85 |
| 14.16 Comando: Subprograma | II-86 |
| 14.17 Comando: Atribuição | II-87 |
| 14.18 Comando: Se | II-88 |
| 14.19 Comando: Script | II-89 |
| 14.20 Comando: Evento | II-90 |
| 14.21 Comando: Rosquear | II-91 |
| 14.22 Comando: Alternar | II-91 |
| 14.23 Comando: Padrão | II-92 |
| 14.24 Comando: Força | II-93 |
| 14.25 Comando: Palete | II-96 |
| 14.26 Comando: Buscar | II-97 |
| 14.27 Comando: Acompanhamento da correia | II-100 |
| 14.28 Comando: Suprimir | II-101 |
| 14.29 Guia Gráficos | II-101 |
| 14.30 Guia Estrutura | II-102 |
| 14.31 Guia Variáveis | II-103 |
| 14.32 Comando: Inicialização de Variáveis | II-104 |
| 15 Tela de configuração | II-105 |
| 15.1 Idioma e Unidades | II-106 |
| 15.2 Atualizar Robô | II-107 |
| 15.3 Definir Senha | II-108 |
| 15.4 Calibrar Tela | II-109 |
| 15.5 Configurar Rede | II-109 |
| 15.6 Definir Hora | II-110 |
| 15.7 Configuração de URcaps | II-111 |
| Glossário | II-113 |
| Índice | II-115 |

Prefácio



Parabéns pela compra de seu novo robô Universal Robots , UR5.

O robô pode ser programado para mover uma ferramenta e para se comunicar com outras máquinas usando sinais elétricos. Ele é um braço composto de tubos e articulações de alumínio extrudado. Usando o software PolyScope, nossa interface de programação patenteada, é fácil programar o robô para mover a ferramenta ao longo de uma trajetória desejada.

O Que Se Encontra Dentro das Caixas

Quando você pede um robô completo, são entregues suas caixas. Uma caixa contém o braço do robô, e a outra contém:

- A Caixa de Controle com o Teach Pendant
- Suporte da Caixa de Controle
- Suporte do Teach Pendant
- Chave para abrir a Caixa de Controle
- Cabo de alimentação ou Cabo de correte compatível com sua região
- Caneta Stylus com laser
- Esse manual

Aviso de Segurança Importante

O robô é **uma máquina parcialmente completa** (consulte 8.4) e essa avaliação de risco é necessária para cada instalação do robô.

Nota: Você deve seguir todas as instruções de segurança apresentadas no capítulo 1.

Como ler este manual

Este manual contém instruções sobre como instalar e programar robô. O manual está dividido em duas partes:

Manual de Instalação de Hardware: A instalação mecânica e elétrica do robô.

Manual do PolyScope: Programação do robô.

Este manual é destinado ao integrador de robô que deve ter um nível básico de treinamento elétrico e mecânico, e deve estar familiarizado com conceitos de programação elementares.

Onde encontrar mais informações

O site de suporte (<http://www.universal-robots.com/support>) disponível a todos os distribuidores da UR, contém informações adicionais, por exemplo:

- Versões deste manual em outros idiomas
- Atualizações do **Manual do PolyScope** após a atualização da nova versão do PolyScope
- O **Manual de Manutenção** com instruções de solução de problemas, manutenção e conserto do robô
- O **Manual de Script** para usuários avançados
- A URCAPS é uma plataforma online para comprar acessórios e periféricos da Universal Robots

Parte I

Manual de Instalação de Hardware

1 Segurança

1.1 Introdução

Este capítulo contém informações de segurança importantes, que devem ser lidas e compreendidas pelo integrador de robôs da UR **antes** de o robô ser ligado pela primeira vez.

Neste capítulo, as primeiras subseções são gerais. As subseções posteriores contêm dados de engenharia específicos relevantes para permitir a configuração e a programação do robô. O capítulo 2 descreve e define funções relacionadas à segurança, especialmente relevantes para aplicações colaborativas.

Instruções e orientações fornecidas no capítulo 2, bem como na seção 1.7 são particularmente importantes.

É essencial observar e seguir todas as instruções de montagem e as orientações fornecidas em outros capítulos e partes deste manual.

Deve ser dada atenção especial ao texto associado a símbolos de advertência.



NOTA:

A Universal Robots renuncia toda e qualquer responsabilidade se o robô (caixa de controle do braço e/ou teach pendant) for danificado, alterado ou modificado de qualquer forma. A Universal Robots não pode ser responsabilizada por quaisquer danos causados ao robô ou a outros equipamentos devido a erros de programação ou mau funcionamento do robô.

1.2 Validação e Responsabilidade

A informação neste manual não contempla projetar, instalar e operar toda a aplicação do robô, tampouco aborda todos os equipamentos periféricos que podem influenciar a segurança do sistema todo. Todo o sistema deve ser concebido e instalado de acordo com os requisitos de segurança previstos nas normas e regulamentos do país onde o robô será instalado.

Os integradores de robôs da UR são responsáveis por garantir: que as leis e normas de segurança do país em questão sejam observadas e que quaisquer perigos significativos na aplicação robô sejam eliminados.

De forma não exaustiva, estes seriam:

- Realizar uma avaliação de risco em todo o sistema
- Criar interface entre outras máquinas e dispositivos de segurança adicionais, se a avaliação de risco assim definir
- Configurar definições de segurança adequadas no software
- Garantir que o usuário não modifique nenhuma medida de segurança
- Validar que todo o sistema do robô foi projetado e instalado corretamente

- Especificar instruções de uso
- Marcar a instalação robô com sinais pertinentes e informação de contato do integrador
- Coletar toda a documentação em um arquivo técnico; incluindo a avaliação de risco e esse manual

A orientação sobre como encontrar e ler as normas e leis aplicáveis é fornecida na <http://universal-robots.com/support/>

1.3 Limitação de Responsabilidade

As informações de segurança fornecidas neste manual não devem ser interpretadas como garantia dada pela UR de que o manipulador industrial não causará ferimentos ou danos, mesmo se o manipulador industrial estiver em conformidade com todas as instruções de segurança.

1.4 Símbolos de advertência contidos neste manual

Os símbolos abaixo definem as legendas que especificam os níveis de perigo utilizados ao longo deste manual. Os mesmos sinais de advertência são usados no produto.



PERIGO:

Isso indica uma situação elétrica de perigo iminente que, se não for evitada, poderá resultar em morte ou ferimentos graves.



PERIGO:

Isso indica uma situação de risco iminente que, se não for evitada, poderá resultar em morte ou ferimentos graves.



ALERTA:

Isso indica uma situação elétrica potencialmente perigosa que, se não for evitada, poderá resultar em ferimentos ou danos graves ao equipamento.



ALERTA:

Isso indica uma situação potencialmente perigosa que, se não for evitada, poderá resultar em ferimentos ou danos graves ao equipamento.



ALERTA:

Isso indica uma superfície quente potencialmente perigosa que, se tocada, poderá resultar em ferimentos.

**CUIDADO:**

Isso indica uma situação que, se não for evitada, poderá resultar em danos ao equipamento.

1.5 Advertências e Precauções Gerais

Esta seção contém algumas advertências e precauções gerais que podem ser repetidas ou explicadas em diferentes partes deste manual. Outras advertências e precauções estão presentes ao longo deste manual.

**PERIGO:**

Certifique-se de instalar o robô e todo o equipamento elétrico de acordo com as especificações e advertências encontradas nos capítulos 4 e 5.

**ALERTA:**

1. Verifique se o braço do robô e a ferramenta/atuador estão devidamente e firmemente fixados em seus lugares.
2. Verifique se o braço do robô tenha amplo espaço para operar sem obstáculos.
3. Certifique-se de que as medidas de segurança e/ou os parâmetros de configuração de segurança do robô tenham sido definidos para proteger os programadores, operadores e observadores, como definido na avaliação de risco.
4. Não use roupas largas nem joias ao trabalhar com o robô. Prenda os cabelos ao trabalhar com o robô.
5. Nunca use o robô se ele estiver danificado. Por exemplo, se as tampas das articulações estiverem soltas, partidas ou removidas.
6. Se o software identificar um erro, pressione imediatamente a parada de emergência, anote as condições que desencadearam o erro, encontre os códigos correspondentes ao erro na tela de registro e entre em contato com o seu fornecedor.
7. Não ligue nenhum equipamento de segurança à E/S padrão. Use somente E/S relacionada à segurança.
8. Use as corretas configurações de instalação (por exemplo, ângulo de montagem do robô, massa em TCP, deslocamento do TCP, configuração de segurança). Salve e carregue o arquivo de instalação junto com o programa.
9. A função de condução livre (impedância/operação reversa) só deve ser utilizada em instalações em que a avaliação de risco permite. As ferramentas/atuadores e obstáculos não devem ter arestas afiadas nem pontos de esmagamento.
10. Certifique-se de avisar às pessoas para manter suas cabeças e rostos fora do alcance do robô em operação ou do robô a ponto de iniciar a operação.
11. Esteja atento aos movimentos do robô ao usar o Teach Pendant.
12. Se determinado pela avaliação de risco, não entre na área de segurança do robô nem toque no robô quando o sistema estiver em operação.

13. As colisões podem liberar altos níveis de energia cinética, que serão significativamente mais elevados em altas velocidades e com cargas elevadas. (Energia cinética = $\frac{1}{2}$ Massa · Velocidade²)
14. Combinar várias máquinas pode aumentar os riscos ou criar novos perigos. Sempre faça uma avaliação global de riscos para toda a instalação. Dependendo do risco avaliado, diferentes níveis de segurança funcional podem se aplicar; como tal, quando diferentes níveis de desempenho da segurança e de parada de emergência são necessários, sempre escolha o mais alto nível de desempenho. Leia e compreenda os manuais de todos os equipamentos utilizados na instalação.
15. Nunca modifique o robô. Uma modificação pode criar perigos não previstos pelo integrador. Todas as remontagens autorizadas devem ser feitas de acordo com a versão mais recente dos manuais de serviço correspondentes.
16. Se o robô for adquirido com um módulo adicional (por exemplo, a interface euromap67), consulte o manual de instruções do respectivo módulo.

**ALERTA:**

1. O robô e sua caixa controladora produzem calor durante a operação. Não manuseie nem toque no robô durante ou imediatamente após a operação, já que o contato prolongado pode causar desconforto. Para esfriar o robô, desenergize-o e espere por uma hora.
2. Nunca coloque os dedos atrás da tampa interna da caixa controladora.

**CUIDADO:**

1. Quando o robô é acoplado a máquinas capazes de causar-lhe danos, ou quando trabalha em conjunto com elas, é altamente recomendável testar todas as funções e o programa do robô separadamente. Recomenda-se também testar o programa do robô usando pontos de referência temporários fora do espaço de trabalho de outras máquinas.
2. Não exponha o robô a campos magnéticos permanentes. Campos magnéticos muito fortes podem danificar o robô.

1.6 Finalidade

Os robôs da UR são robôs industriais e destinam-se a manipular ferramentas/atuadores e equipamentos, ou a processar ou transferir componentes e produtos. Para obter detalhes sobre as condições ambientais em que o robô deve operar, veja os anexos B e D.

Os robôs da UR estão equipados com recursos especiais relacionados à segurança, projetados precisamente para permitir a operação colaborativa, onde o sistema de robô opera sem barreiras e/ou junto com pessoas.

A operação colaborativa destina-se apenas a aplicações não perigosas, onde a aplicação completa, incluindo ferramentas/atuador, peças de trabalho, obstáculos e outras máquinas, não apresenta nenhum risco significativo, segundo a avaliação de risco da aplicação específica.

Qualquer uso ou aplicação que se desvie do uso pretendido está sujeita a ser considerado uso não permitido. De forma não exaustiva, estes seriam:

- Uso em ambientes potencialmente explosivos
- Uso em aplicações médicas e onde há risco de vida
- Uso antes da avaliação de risco
- Uso fora das especificações declaradas
- Uso como equipamento de elevação
- Operação fora dos parâmetros de operação permitidos

1.7 Avaliação de Risco

Uma das coisas mais importantes que um integrador precisa fazer é realizar uma avaliação de risco. Em muitos países, isso é exigido por lei. O robô é considerado uma máquina parcialmente completa, de maneira que a instalação do robô depende de como o robô foi integrado (por exemplo, ferramenta/atuador, obstáculos e outras máquinas).

Recomenda-se que o integrador use a norma ISO 12100 e ISO 10218-2 para realizar a avaliação de risco. Além disso, o integrador pode optar por usar a Especificação Técnica ISO/TS 15066 como orientação adicional.

A avaliação de risco que o integrador realiza deve considerar todas as tarefas de trabalho ao longo de toda a vida da aplicação do robô, incluindo, mas não se limitando a:

- Ensinar o robô durante o ajuste e desenvolvimento da instalação do robô
- Solução de problemas e manutenção
- Operação normal da instalação do robô

A avaliação de risco deve ser realizada **antes** de o braço do robô ser ligado pela primeira vez. Uma parte da avaliação de risco realizada pelo integrador tem como objetivo identificar as definições de configuração de segurança adequadas, além da necessidade de botões de parada de emergência adicionais e/ou outras medidas de proteção exigidas para a aplicação do robô específica.

Identificar as definições de configuração de segurança corretas é uma parte especialmente importante do desenvolvimento de aplicações de robô colaborativas. Consulte o capítulo 2 e parte II para obter informações detalhadas.

Alguns recursos relacionados à segurança são projetados precisamente para aplicações de robô colaborativas. Esses recursos são configuráveis por meio das definições de configuração de segurança e são especialmente relevantes ao abordar riscos específicos na avaliação de risco realizada pelo integrador:

- **Limitação de força e energia:** Usada para reduzir as pressões e as forças de fixação exercidas pelo robô na direção do movimento em caso de colisões entre o robô e o operador.
- **Limitação de impulso:** Usada para reduzir as forças de impacto e energia transiente elevadas em caso de colisões entre o robô e o operador reduzindo a velocidade do robô.
- **Limitação da posição da ferramenta/atuador e TCP:** Especialmente usada para reduzir os riscos relacionados a determinadas partes do corpo. Por exemplo, para evitar movimento em direção à cabeça e pescoço.
- **Limitação da orientação da ferramenta/atuador e TCP:** Especialmente usada para reduzir os riscos relacionados a determinadas áreas e recursos da ferramenta/atuador e peça de trabalho. Por exemplo, para impedir que arestas afiadas sejam apontadas na direção do operador.
- **Limitação de velocidade:** Especialmente usada para garantir uma baixa velocidade do braço do robô.

O integrador deve impedir o acesso não autorizado à configuração de segurança, usando proteção por senha.

É necessária uma avaliação de risco da aplicação colaborativa do robô para contatos que são intencionais e/ou devido a má utilização razoavelmente previsível, e deve abordar:

- A severidade das colisões potenciais individuais
- A probabilidade de ocorrência de colisões potenciais individuais
- A possibilidade de evitar colisões potenciais individuais

Se o robô estiver instalado em uma aplicação de robô não colaborativa em que os perigos não podem ser razoavelmente eliminados ou os riscos não podem ser suficientemente reduzidos através do uso das funções relacionadas à segurança integradas (por exemplo, quando se usa uma ferramenta/atuador perigoso), a avaliação de risco realizada pelo integrador deve concluir a necessidade de medidas protetoras adicionais (por exemplo, um dispositivo de ativação para proteger o operador durante o ajuste e a programação).

A Universal Robots identifica os potenciais riscos significativos, listados abaixo como riscos que devem ser considerados pelo integrador.

Nota: Outros riscos significativos podem estar presentes em uma instalação específica do robô.

1. Prender os dedos entre o conector do cabo do braço do robô e a base (articulação 0).
2. Prender os dedos entre o pé do robô e a base (articulação 0).
3. Prender os dedos entre o pulso 1 do robô e o pulso 2 do robô (articulação 3 e articulação 4).
4. Penetração da pele por bordas afiadas e pontas afiadas na ferramenta/atuador ou no conector da ferramenta/atuador.
5. Penetração da pele por bordas afiadas e pontas afiadas em obstáculos próximos ao percurso do robô.
6. Hematomas devido a contato com o robô.

7. Distensão ou fratura óssea devido a pancadas entre uma carga útil pesada e uma superfície rígida.
8. Consequências devido a parafusos soltos que seguram o braço do robô ou a ferramenta/atuador.
9. Itens que saem da ferramenta/atuador, por exemplo, devido à perda de controle ou à falta de energia.
10. Erros devido a diferentes botões de parada de emergência para diferentes máquinas.
11. Erros devido a alterações não autorizadas nos parâmetros de configuração de segurança.

Informações sobre os tempos de parada e as distâncias de parada são encontradas no capítulo 2 e anexo A.

1.8 Parada de Emergência

Acione o botão de parada de emergência para interromper todos os movimentos do robô.

Nota: De acordo com a norma IEC 60204-1 e ISO 13850, dispositivos de emergência não são salvaguardas. Eles são medidas de proteção complementares e não são destinados a evitar ferimentos.

A avaliação de risco da aplicação do robô deve concluir se botões de parada de emergência adicionais são necessários. Os botões de parada de emergência devem estar em conformidade com IEC 60947-5-5 (veja seção 5.3.2).

1.9 Movimento Com e Sem Movimento Acionado

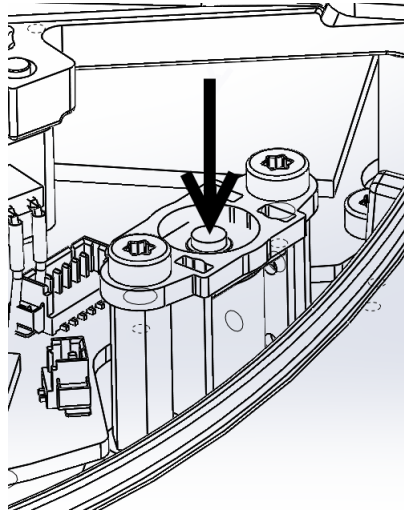
No caso improvável de uma situação de emergência onde uma ou mais articulações do robô precisem ser movidas e a alimentação do robô esteja bloqueada ou simplesmente não seja desejada, há duas maneiras diferentes de forçar movimentos das articulações do robô:

1. Operação reversa forçada: Force uma articulação a se mover puxando ou empurrando com força o braço do robô. O freio de cada articulação tem uma embreagem de fricção que permite movimento durante o torque alto e forçado.
2. Liberação manual de freio: Remova a cobertura da articulação removendo os poucos parafusos M3 que prendem a cobertura no lugar. Solte o freio empurrando o êmbolo no eletroímã pequeno, assim como mostrado na figura abaixo.



ALERTA:

1. Mover o braço do robô manualmente é destinado apenas a emergências e pode danificar as articulações.
2. Se o freio for solto manualmente, a atração gravitacional poderá fazer com que o braço do robô caia. Sempre apoie o braço do robô, ferramentas/atuador e itens de trabalho ao soltar o freio.





2 Funções e Interfaces Relacionadas à Segurança

2.1 Introdução

Os robôs da UR são equipados com uma variedade de funcionalidades de classificação de segurança acopladas, bem como interfaces elétricas com classificação de segurança para se conectar a outras máquinas e equipamentos de proteção adicionais. Cada interface e função de segurança é monitorada de acordo com o EN ISO13849-1:2008 (consulte o Capítulo 8 para certificações) com o Nível de Desempenho d (PLd).



PERIGO:

O uso de parâmetros de configuração de segurança diferentes dos definidos pela avaliação de risco realizada pelo integrador pode resultar em perigos que não são razoavelmente eliminados ou riscos que não são suficientemente reduzidos.

Consulte o capítulo 10 na parte II para encontrar a configuração das entradas, saídas e recursos relacionados à segurança na interface de usuário. Consulte o capítulo 5 para obter descrições sobre como ligar dispositivos de segurança à interface elétrica.



NOTA:

1. O uso e a configuração de interface e funções relacionadas à segurança devem ser efetuados de acordo com a avaliação de risco que o integrador realiza para uma aplicação de robô específica, consulte a seção 1.7 no capítulo 1.
2. Se o robô descobre uma falha ou violação no sistema de segurança, por exemplo, um dos fios no circuito de parada de emergência está cortado, um sensor de posição está quebrado ou um limite de uma função relacionada à segurança foi violado, uma Categoria de Parada 0 é iniciada. O tempo do pior caso desde a ocorrência de um erro até o robô ser parado é listado no final desse capítulo. Esse tempo deve ser considerado como parte da avaliação de risco realizada pelo integrador.

O robô possui diversas funções relacionadas à segurança que podem ser utilizadas para limitar o movimento das suas articulações e do *Ponto Central da Ferramenta* (TCP) do robô. O TCP é o ponto central do flange de saída com a adição do deslocamento do TCP.

As funções com limitações relacionadas à segurança são:

| Função de Segurança com Limitação | Descrição |
|-----------------------------------|---|
| Posição da articulação | Posição de articulação angular mín. e máx. |
| Velocidade da articulação | Velocidade da articulação angular máx. |
| Posição do TCP | Planos no espaço Cartesiano limitando a posição TCP do robô |
| Velocidade do TCP | Velocidade Máx. do TCP do robô |
| Força do TCP | Força de empuxo máx. do TCP do robô |
| Impulso | Impulso máximo do braço do robô |
| Potência | Potência máx. aplicada ao braço do robô |

2.2 Tempos de parada do Sistema de Segurança

O tempo de parada do sistema de segurança é o tempo desde a ocorrência de uma falha ou violação de uma função relacionada à segurança até o robô ser levado até a parada completa e os freios mecânicos serem engatados.

Os tempos máximos de parada na tabela devem ser considerados se a segurança da aplicação depender do tempo de parada do robô. Por exemplo, se houver uma falha nos resultados do robô em uma parada de uma linha completa de fábrica, onde determinadas ações deverão acontecer imediatamente após a parada, os tempos máximos de parada devem ser considerados.

As medidas são realizadas com a seguinte configuração do robô:

- Extensão: 100% (o braço do robô está totalmente estendido horizontalmente).
- Velocidade: O limite de velocidade do TCP do sistema de segurança é definido para o limite descrito.
- Carga: carga máxima manipulada pelo robô ligado ao TCP (5 kg).

O tempo de parada do pior caso para a Categoria de Parada¹ 0 em caso de uma violação das interfaces ou limites de segurança pode ser visto na tabela a seguir.

| Limite de Velocidade do TCP | Tempo de Parada Máximo |
|-----------------------------|------------------------|
| 1.0 m/s | 450 ms |
| 1.5 m/s | 500 ms |
| 2.0 m/s | 550 ms |
| 1.5 m/s | 600 ms |
| 3.0 m/s | 650 ms |

2.3 Funções Relacionadas à Segurança com Limitação

O software avançado de controle de caminho diminui a velocidade ou emite uma parada na execução do programa, se o robô se aproximar de um limite relacionado à segurança. As violações dos limites ocorrerão, portanto, somente em casos excepcionais. No entanto, se um limite for violado, o sistema de segurança emite uma Categoria de Parada 0.

¹As Categorias de Parada são de acordo com o IEC 60204-1, consulte o Glossário para obter mais detalhes.

| Função de Segurança com Limitação | Veracidade | Pior Caso | | | | |
|-----------------------------------|------------|-------------------|-------------------------|-----------------|----------|----------|
| | | Tempo de Detecção | Tempo de Desenergização | Tempo de Reação | Tempo de | Tempo de |
| Posição da articulação | 1.15 ° | 100 ms | 1000 ms | | 1100 ms | |
| Velocidade da articulação | 1.15 °/s | 250 ms | 1000 ms | | 1250 ms | |
| Posição do TCP | 20 mm | 100 ms | 1000 ms | | 1100 ms | |
| Orientação do TCP | 1.15 ° | 100 ms | 1000 ms | | 1100 ms | |
| Velocidade do TCP | 50 mm/s | 250 ms | 1000 ms | | 1250 ms | |
| Força do TCP | 25 N | 250 ms | 1000 ms | | 1250 ms | |
| Impulso | 3 kgm/s | 250 ms | 1000 ms | | 1250 ms | |
| Potência | 10 W | 250 ms | 1000 ms | | 1250 ms | |

O sistema é considerado *sem energia* quando a voltagem do barramento de 48 V atinge um potencial elétrico abaixo de 7,3 V. O tempo de desenergização é o tempo desde a detecção de um evento até que o sistema tenha sido desativado.

**ALERTA:**

Há duas exceções para a função de força limitante que são importantes de serem percebidas ao projetar a célula de trabalho para o robô. Elas estão ilustradas na figura 2.1. À medida que o robô se estende, o efeito da articulação do joelho pode fornecer forças elevadas na direção radial (a partir da base), mas, ao mesmo tempo, velocidades baixas. Da mesma forma, o braço curto de alavanca, quando a ferramenta está perto da base e se deslocando de forma tangencial (no entorno) da base, pode criar forças elevadas, mas também a baixas velocidades. Os perigos de beliscões podem ser evitados, por exemplo, por meio da remoção de obstáculos nessas áreas, colocando o robô de forma diferente ou usando uma combinação de planos de segurança e limites de articulações para eliminar o perigo evitando que o robô se mova para esta região da sua área de trabalho.

**ALERTA:**

Se o robô é usado em aplicações manuais de orientação feita com as mãos com movimentos lineares, o limite de velocidade da junta deve ser ajustado para o máximo de 40 graus por segundo para as articulações de base e ombro, a menos que uma avaliação de riscos mostre que velocidades acima de 40 graus por segundo são aceitáveis. Isso evitará movimentos rápidos do cotovelo do robô próximos a singularidades.

2.4 Modos de Segurança

Modo Reduzido e Normal O sistema de segurança tem dois modos de segurança configuráveis: *Normal* e *Reduzido*. Os limites de segurança podem ser configurados para cada um



Figura 2.1: Certas áreas do espaço de trabalho devem receber atenção sobre perigos de beliscões, devido às propriedades físicas do braço do robô. Uma área é definida para os movimentos radiais, quando a articulação 1 do punho está a uma distância de pelo menos 750 mm da base do robô. A outra área está a 200 mm da base do robô, quando ele se desloca na direção tangencial.

destes dois modos. O modo reduzido é ativado quando o TCP do robô está posicionado além de um plano *Acionamento no Modo Reduzido* ou quando acionado por uma entrada de segurança. O modo reduzido pode ser ativado usando um plano ou uma entrada.

Usando um plano para ativar o modo Reduzido: Quando o robô se move do lado do modo Reduzido do plano de ativação, de volta para o lado do modo Normal, existe uma área de 20mm em redor do plano de ativação, onde ambos os limites do modo Normal e Reduzido são permitidos. Previne que o modo de segurança oscile se o robô estiver quase no limite.

Usando uma entrada para ativar o modo Reduzido: Quando é usada uma entrada (quer seja para iniciar ou parar o modo Reduzido) podem passar até 500ms antes que os valores limite do novo modo sejam aplicados. Isso pode acontecer alterando o modo Reduzido para modo Normal OU alterando o modo Normal para modo Reduzido. Permite que o robô adapte, por exemplo, a velocidade os novos limites de segurança.

Modo de Recuperação Quando um limite de segurança é violado, o sistema de segurança deve ser reiniciado. Se o sistema estiver fora de um limite de segurança na inicialização, o modo especial (por exemplo, fora de um limite de posição conjunta), o modo especial de *Recuperação* é inserido. No modo de Recuperação não é possível executar os programas para o robô, mas o braço do robô pode ser movido manualmente para trás dentro dos limites usando o modo *Condução Livre* ou usando a guia Mover no PolyScope (consulte a parte II “Manual do PolyScope”). Os limites de segurança do modo de *Recuperação* são:

2.5 Interfaces elétricas relacionadas à segurança

| Função de Segurança com Limitação | Limites |
|-----------------------------------|-----------|
| Velocidade da articulação | 30 °/s |
| Velocidade do TCP | 250 mm/s |
| Força do TCP | 100 N |
| Impulso | 10 kg m/s |
| Potência | 80 W |

O sistema de segurança emite uma Categoria de Parada 0 se uma violação desses limites aparecer.



ALERTA:

Observe que os limites para a *posição de articulação*, na *posição TCP* e a *orientação TCP* são desativados no Modo de Recuperação. Tome cuidado ao mover o braço do robô de volta aos limites.

2.5 Interfaces elétricas relacionadas à segurança

O robô é equipado com várias entradas e saídas elétricas relacionadas à segurança. Todas as entradas e saídas elétricas relacionadas à segurança são de canal duplo. Elas são seguras quando estão baixas, por exemplo, a parada de emergência não está ativa quando os sinais estão altos (+24V).

2.5.1 Entradas elétricas relacionadas à segurança

A tabela abaixo dá uma visão geral das entradas elétricas relacionadas à segurança.



Figura 2.2: A área verde abaixo da rampa é a velocidade permitida para uma articulação durante a frenagem. No tempo 0, um evento (parada de emergência ou parada de proteção) é detectado pelo processador de segurança. A desaceleração começa depois de 24 ms.

| Entrada de Segurança | Descrição |
|---------------------------------------|---|
| Parada de Emergência do Robô | (Entrada dedicada). Executa uma Categoria de Parada 1, que pode ser encaminhada para outras máquinas usando a <i>Parada de Emergência do Sistema</i> quando configurada. |
| Botão de parada de emergência | (Botão Teach Pendant). Executa uma Categoria de Parada 1, que pode ser encaminhada para outras máquinas usando a <i>Parada de Emergência do Sistema</i> quando configurada. |
| Parada de Emergência do Sistema | (Entrada Configurável). Executa uma Categoria de Parada 1. Para evitar bloqueios, este sinal não será encaminhado para outras máquinas através da saída da <i>Parada de Emergência do Sistema</i> . |
| Parada de Proteção | (Entrada dedicada). Executa uma Categoria de Parada 2. |
| Reinício de Proteção | (Entrada Configurável). Continua o robô a partir de um estado <i>Parada de Proteção</i> , quando ocorre uma vantagem sobre a entrada de redefinição de proteção. |
| Modo Reduzido | (Entrada Configurável). O sistema de segurança faz a transição para os limites de modo <i>Reduzido</i> . |
| Dispositivo de Ativação de 3 Posições | (Entrada Configurável). Funciona como uma entrada de parada de proteção quando a entrada do modo operacional está alta. |
| Modo Operacional | (Entrada Configurável). Modo operacional a ser usado quando um dispositivo de ativação de 3 posições estiver configurado. |

Uma Categoria de Parada 1 e uma Categoria de Parada 2 desaceleram o robô com movimento acionado, o que permite que o robô pare sem se desviar do seu caminho atual.

Monitoramento de entradas de segurança A Categoria de parada 1 e a Categoria de Parada 2 são monitoradas pelo sistema de segurança da seguinte forma:

2.5 Interfaces elétricas relacionadas à segurança

1. O sistema de segurança monitora que a frenagem é iniciada em 24 ms, consulte a Figura 2.2.
2. Se a articulação estiver em movimento, a sua velocidade será monitorada para nunca ser superior à velocidade obtida pela constante de desaceleração em relação ao limite máximo de velocidade de articulação para o modo *Normal* para 0 rad/s em 500 ms.
3. Se uma articulação está em repouso (a velocidade da articulação é inferior a 0,2 rad/s), é monitorado para que ela não se mova mais do que 0,05 rad da posição que tinha quando a velocidade foi medida abaixo 0,2 rad/s.

Além disso, para uma Categoria de Parada 1, o sistema de segurança monitora que, após o braço do robô estar em repouso, o desligamento de alimentação é finalizado em 600 ms. Além disso, depois de uma entrada de Parada de Proteção, o braço do robô tem permissão para começar a se mover novamente somente depois que ocorrer uma vantagem positiva sobre a entrada de reinício de proteção. Se qualquer uma das propriedades acima não for satisfeita, o sistema de segurança emite uma Categoria de Parada 0.

Uma transição para o modo *Reduzido* acionada pela entrada de modo reduzido é monitorizada como segue:

1. O sistema de segurança aceita os conjuntos de limite de modo *Normal* e *Reduzido* para 500 ms após a entrada em modo reduzido ser acionada.
2. Após 500 ms, somente os limites de modo *Reduzido* estarão em vigor.

Se qualquer uma das propriedades acima não for satisfeita, o sistema de segurança emite uma Categoria de Parada 0.

Uma Categoria de Parada 0 é realizada pelo sistema de segurança com o desempenho descrito na tabela a seguir. O tempo de reação do pior caso é o momento de parar e *retirar a energia* (descarga a um potencial elétrico abaixo de 7,3 V) um robô em execução a toda velocidade e carga útil.

| Função de Entrada de Segurança | Pior Caso | | |
|---------------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------|
| | Tempo de Detecção | Tempo de Desenergização | Tempo de Reação |
| Parada de Emergência do Robô | 250 ms | 1000 ms | 1250 ms |
| Botão de parada de emergência | 250 ms | 1000 ms | 1250 ms |
| Parada de Emergência do Sistema | 250 ms | 1000 ms | 1250 ms |
| Parada de Proteção | 250 ms | 1000 ms | 1250 ms |

2.5.2 Saídas elétricas de classificação de segurança

A tabela abaixo dá uma visão geral das saídas elétricas relacionadas à segurança:

| Saída de Segurança | Descrição |
|---------------------------------|---|
| Parada de Emergência do Sistema | Baixo nível lógico quando a entrada <i>Parada de emergência do robô</i> apresenta baixo nível lógico ou o botão de Parada de emergência é pressionado. |
| Robô em Movimento | Enquanto este sinal apresenta alto nível lógico, nenhuma articulação do braço robô se move mais do que 0,1 rad. |
| Robô sem Parada | Alto nível lógico quando o robô está parado ou em processo de parada devido a uma parada de emergência ou uma parada de proteção. Caso contrário, apresentará baixo nível lógico. |
| Modo Reduzido | Baixo nível lógico quando o sistema de segurança está em modo <i>Reduzido</i> . |
| Modo Não Reduzido | Saída negada do <i>Modo reduzido</i> . |

Se uma saída de segurança não estiver definida corretamente, o sistema de segurança emitirá uma Categoria de Parada 0 com os seguintes tempos de reação de pior caso:

| Saída de Segurança | Tempo de Reação do Pior Caso |
|---------------------------------|------------------------------|
| Parada de Emergência do Sistema | 1100 ms |
| Robô em Movimento | 1100 ms |
| Robô sem Parada | 1100 ms |
| Modo Reduzido | 1100 ms |
| Modo Não Reduzido | 1100 ms |

3 Transporte

Transporte o robô na embalagem original. Guarde a embalagem em local seco; você pode precisar voltar a embalar e transportar o robô posteriormente.

Levante ambos os tubos do braço de robô simultaneamente ao retirá-lo da embalagem e montá-lo no local de instalação. Mantenha o robô no lugar até que todos os parafusos de fixação estejam bem apertados na base do robô.

A caixa controladora deve ser levantada pela alça.



ALERTA:

1. Não sobrecarregue suas costas nem outras partes do corpo ao levantar o equipamento. Utilize equipamento de elevação adequado. Todas as diretrizes regionais e nacionais de elevação devem ser seguidas. A Universal Robots não se responsabiliza por nenhum dano causado pelo transporte do equipamento.
2. Monte o robô de acordo com as instruções de montagem no capítulo 4.

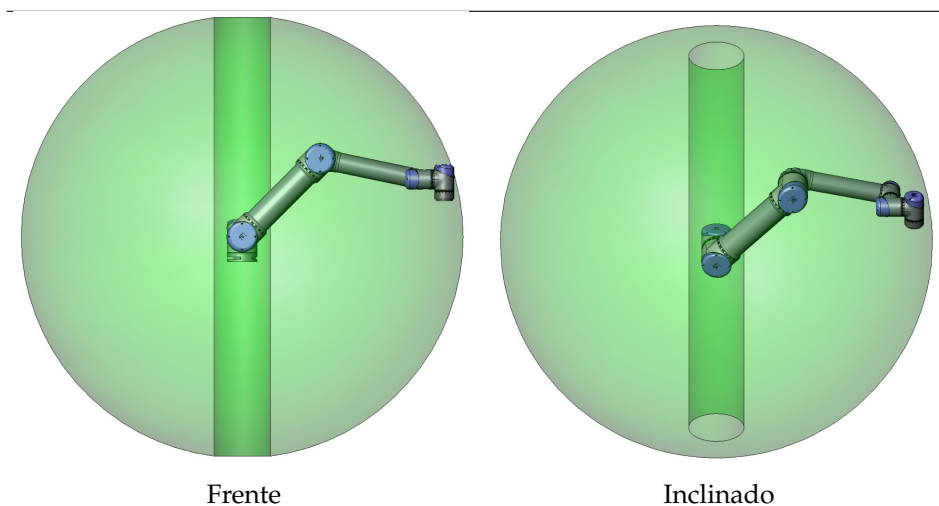
4 Interface Mecânica

4.1 Introdução

Este capítulo descreve as noções básicas de montagem das várias partes do sistema do robô. As instruções de instalação elétrica no capítulo 5 devem ser observadas.

4.2 O espaço de trabalho do robô

O espaço de trabalho do robô UR5 se estende 850 mm da articulação base. É importante considerar o volume cilíndrico diretamente acima e abaixo da base do robô quando um local de montagem for escolhido para o robô. Se possível, deve-se evitar movimentar a ferramenta perto do volume cilíndrico, pois isso faz com que as articulações do robô se movam rapidamente, mesmo que a ferramenta esteja se movendo lentamente, fazendo com que o robô funcione de forma ineficiente e tornando difícil realizar uma avaliação de risco.



4.3 Montagem

Braço do robô O braço do robô é montado com quatro parafusos M8, usando os quatro furos 8.5 mm na base. Recomenda-se apertar esses parafusos com torque de 20 N m. Se for desejado um reposicionamento do braço do robô com alta precisão, dois furos Ø8 estão disponíveis para serem usados com um único pino. Além disso, uma contraparte exata da base pode ser adquirida como acessório. A Figura 4.1 mostra onde fazer os furos e montar os parafusos.

O cabo conector do robô pode ser montado pela lateral ou pela parte inferior da base. Monte o robô em uma superfície firme o suficiente para resistir a, pelo menos, dez vezes o torque total da articulação base e, pelo menos, cinco vezes o peso do braço do robô. Além disso, a superfície deve estar livre de vibrações.

Se o robô estiver montado sobre um eixo linear ou em uma plataforma em movimento, a aceleração da base de montagem em movimento deve ser muito baixa. Uma aceleração alta pode fazer com que o robô pare, como se tivesse esbarrado em alguma coisa.

**PERIGO:**

- Verifique se o braço do robô foi parafusado no lugar de forma apropriada. A superfície de montagem deve ser resistente.
- Lembre-se de inserir os plugues de borracha em todos os orifícios de montagem na base do robô para evitar o aprisionamento dos dedos.

**CUIDADO:**

Se o robô estiver exposto à água durante um período de tempo prolongado, poderá ser danificado. O robô não deve ser montado na água nem em um ambiente úmido.

Ferramenta O flange da ferramenta do robô tem quatro furos M6 rosqueados para conectar uma ferramenta determinada ao robô. Os parafusos M6 precisam ser apertados com 9 N m. Se for desejado um reposicionamento muito preciso da ferramenta, o furo Ø6 deve ser usado com um pino. A Figura 4.2 mostra onde fazer os furos e montar os parafusos.

**PERIGO:**

1. Verifique se a ferramenta está devidamente fixada em seus lugares.
2. Certifique-se de que a ferramenta seja construída de tal forma que ela não possa criar nenhuma situação de risco caso solte uma das partes de forma inesperada.

Caixa de controle A caixa de controle pode ser pendurada em uma parede ou colocada no chão. É preciso um espaço livre de 50 mm de cada lado para que haja suficiente fluxo de ar. É possível comprar suportes adicionais para a montagem.

Teach Pendant O Teach Pendant pode ser pendurado em uma parede ou na caixa de controle. É possível comprar suportes adicionais para o Teach Pendant. Certifique-se de que ninguém possa tropeçar no cabo.

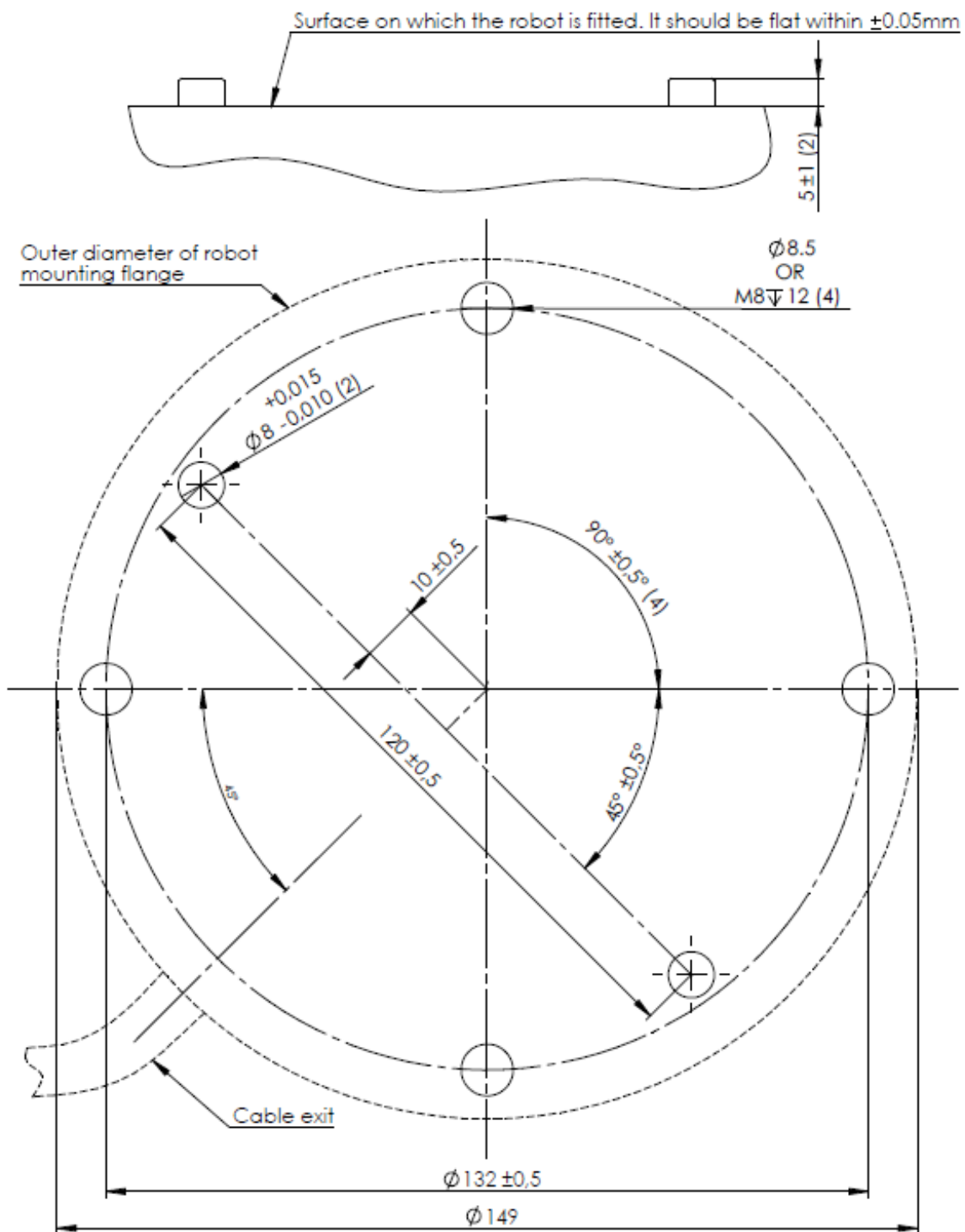


Figura 4.1: Furos na montagem do robô. Use quatro parafusos M8 . Todas as medidas estão em mm.

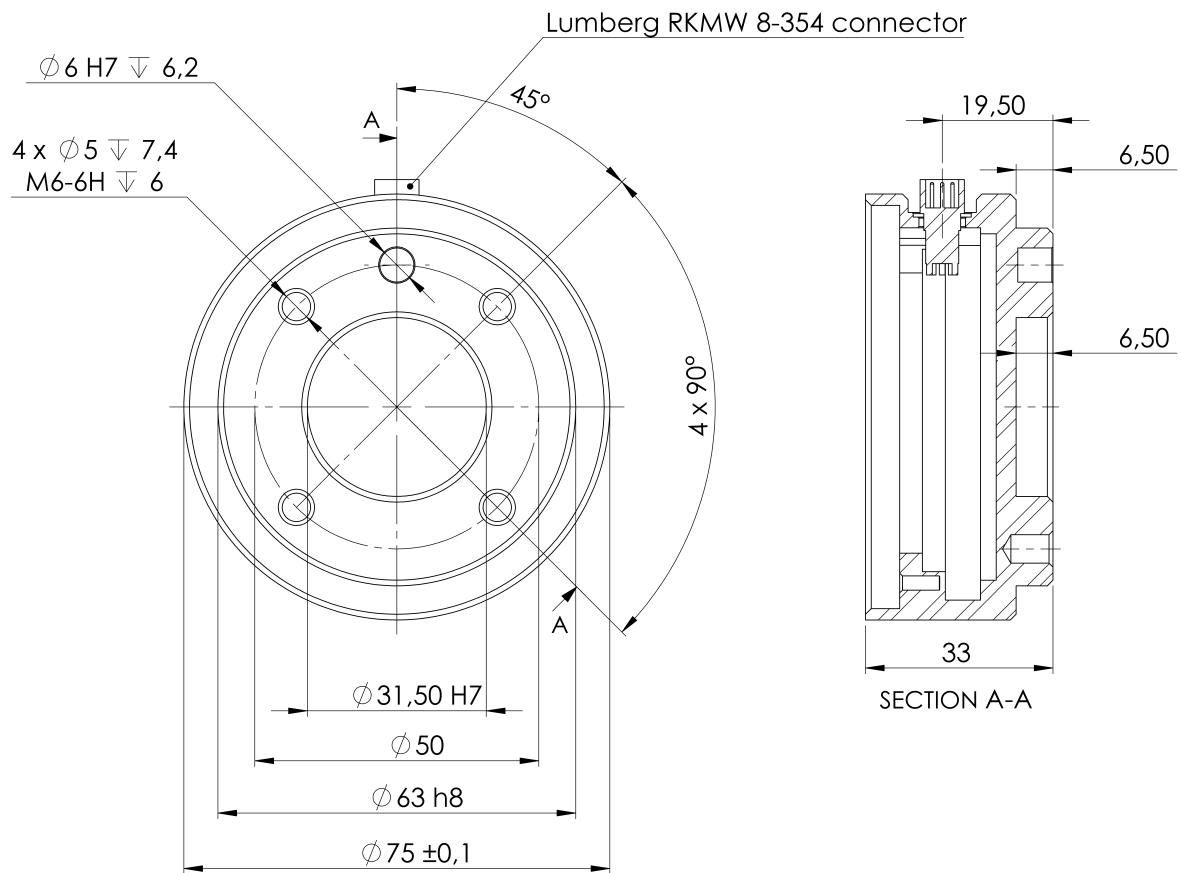


Figura 4.2: O flange de saída da ferramenta, ISO 9409-1-50-4-M6. Este é o local no qual a ferramenta é montada na ponta do robô. Todas as medidas estão em mm.

**PERIGO:**

1. Certifique-se de que a caixa de controle, o Teach Pendant e os cabos não entrem em contato com líquidos. Uma caixa de controle molhada pode matar.
2. A caixa de controle e o Teach Pendant não podem ser submetidos a um ambiente empoeirado ou úmido ou que exceda a classificação IP20. Preste atenção especial em ambientes com poeira condutora.

4.4 Carga útil máxima

A carga útil máxima permitida do braço do robô depende do *deslocamento do centro de gravidade*, consulte a figura 4.3. O deslocamento do centro de gravidade é definido como a distância entre o centro do flange de saída da ferramenta e o centro de gravidade.

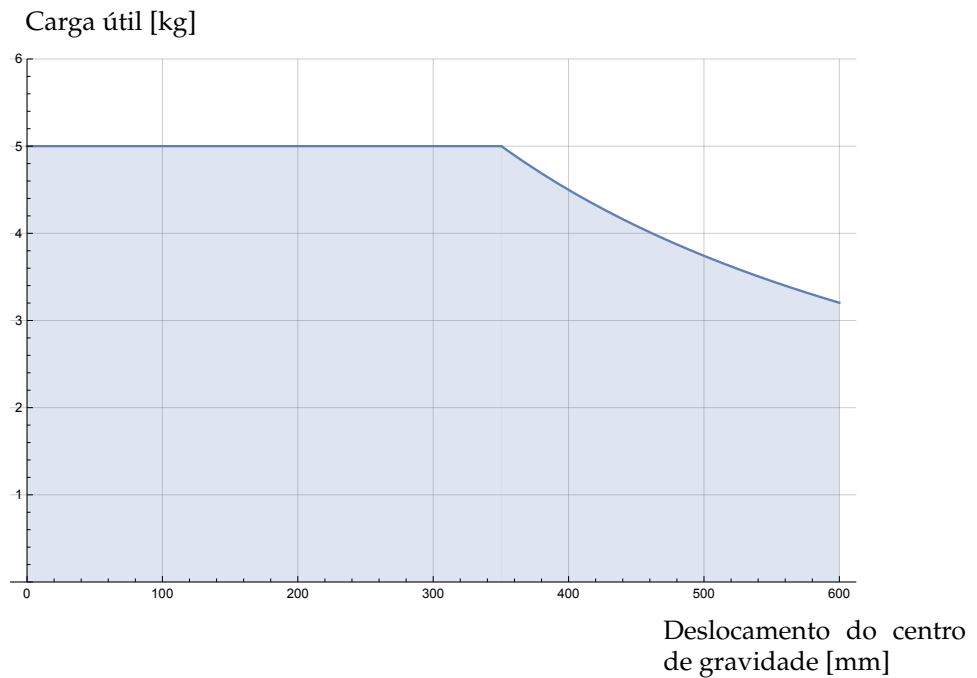


Figura 4.3: Relação entre a carga útil máxima permitida e o deslocamento do centro de gravidade.

5 Interface Elétrica

5.1 Introdução

Este capítulo descreve todas as interfaces elétricas do braço do robô e da caixa de controle.

As diferentes interfaces são divididas em cinco grupos com diferentes propósitos e propriedades:

- E/S do controlador
- E/S da ferramenta
- Ethernet
- Principais conexões
- Conexão com o Robô

O termo **E/S** refere-se aos sinais de controle digitais e analógicos enviados ou recebidos por uma interface.

Estes cinco grupos estão descritos nas seções a seguir. São apresentados exemplos para a maioria dos tipos de E/S.

As advertências e precauções na seção a seguir são relevantes para todos os cinco grupos e devem ser observadas.

5.2 Advertências e Precauções Elétricas

As seguintes advertências e precauções devem ser observadas quando um aplicativo de robô é projetado e instalado. As advertências e precauções também se aplicam ao trabalho de serviço.



PERIGO:

1. Nunca ligue um sinal de segurança em um PLC que não seja um PLC seguro, com o nível correto de segurança. O não cumprimento deste aviso pode resultar em ferimentos graves ou morte, dado que a função de segurança poderia ser substituída. É importante manter sinais da interface de segurança separados dos sinais comuns da interface de E/S.
2. Todos os sinais de segurança são construídos de forma redundante (dois canais independentes). Mantenha os dois canais separados de modo que uma única falha não possa levar à perda da função de segurança.
3. Alguma E/S no interior da caixa de controle pode ser configurada para normal ou a E/S de classificação de segurança. Leia e compreenda a seção 5.3 completa.

**PERIGO:**

1. Certifique-se de que todos os equipamentos que não sejam à prova d'água permaneçam secos. Se for permitida a entrada de água no produto, bloqueie e etiquete todas as fontes de alimentação e entre em contato com o fornecedor.
2. Utilize apenas cabos originais fornecidos com o robô. Não use o robô para aplicações onde os cabos sejam flexionados. Entre em contato com seu fornecedor se precisar de cabos mais longos e flexíveis.
3. Conexões negativas são chamadas de **GND** e estão conectadas ao escudo do robô e à caixa do controlador. Todas as conexões **GND** mencionadas são somente para energização e sinalização. Para o Terra de Proteção (PE, na sigla em inglês), use uma das duas conexões com parafuso de tamanho M6, marcadas com o símbolo terra, dentro da caixa de controle. O condutor de aterramento deve ter pelo menos a classificação atual da corrente mais alta no sistema.
4. Cuidados específicos devem ser observados durante a instalação dos cabos de interface às E/S do robô. A placa de metal no fundo destina-se a servir de interface de cabos e conectores. Remova a placa antes de fazer os furos. Certifique-se de que todas as arestas sejam removidas antes de reinstalar a placa. Lembre-se de usar prensa cabos de tamanho correto.

**CUIDADO:**

1. O robô foi testado de acordo com as normas internacionais IEC relativas à Compatibilidade Eletromagnética (EMC, na sigla em inglês). Sinais perturbadores, com níveis mais elevados do que aqueles definidos pelas normas IEC, podem causar um comportamento inesperado do robô. Níveis de sinal muito altos ou exposição excessiva a eles podem danificar o robô de forma permanente. Problemas de EMC acontecem normalmente em processos de soldagem e são normalmente motivados por mensagens de erro no log. A Universal Robots não pode ser responsabilizada por nenhum dano causado por problemas de EMC.
2. Os cabos de E/S que conectam à caixa de controle para outro maquinário e ao equipamento da fábrica não podem exceder 30m, a menos que testes exaustivos tenham sido realizados.



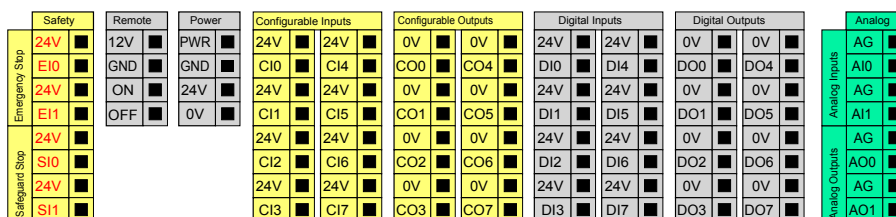
NOTA:

Todas as tensões e correntes estão em CC (corrente contínua), salvo indicação em contrário.

5.3 E/S do controlador

Este capítulo explica como conectar o equipamento à E/S dentro da caixa de controle. Esta E/S é extremamente flexível e pode ser utilizada para uma grande variedade de equipamentos diferentes; incluindo relés pneumáticos, CLPs e botões de parada de emergência.

A ilustração abaixo mostra o layout da interface elétrica dentro da caixa de controle.



O significado das cores diferentes deve ser observado, veja abaixo.

| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Amarelo com texto vermelho | Sinais de segurança dedicados |
| Amarelo com texto preto | Configurável para a segurança |
| Cinza com texto preto | E/S digital de uso geral |
| Verde com texto preto | E/S Analógica de uso geral |

A E/S **configurável** pode ser configurada conforme a classificação de segurança de E/S ou o propósito geral de E/S na GUI. Veja mais na parte II.

Como usar a E/S digital é descrito nas subseções a seguir. A seção que descreve as especificações comuns deve ser observada.

5.3.1 As especificações comuns para todas as E/S digitais

Esta seção define as especificações elétricas para a seguinte E/S 24V digital da caixa de controle.

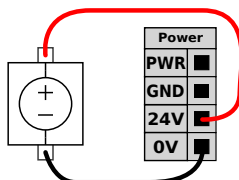
- E/S de Segurança.
- E/S Configurável.
- E/S de uso geral.

É muito importante que os robôs da UR sejam instalados de acordo com as especificações elétricas, que são as mesmas para todos os três tipos diferentes de entradas.

É possível alimentar a E/S digital com uma fonte de alimentação 24V interna ou uma fonte de alimentação externa, configurando o bloco terminal chamado **Energia**. Este bloco é composto por quatro terminais. Os dois superiores (PWR e GND) são 24V e terra da alimentação 24V interna. Os dois terminais menores do bloco (24V e 0V) são a entrada de 24V para fornecer a E/S. A configuração padrão é usar a fonte de alimentação interna, veja abaixo.



Se for necessário mais corrente, uma fonte de alimentação externa pode ser conectada, conforme mostrado abaixo.



As especificações elétricas, para a fonte de alimentação interna e externa, são mostradas abaixo.

| Terminais | Parâmetro | Mín | Tipo | Máx | Unidade |
|---|-----------|-----|------|-----|---------|
| <i>Alimentação interna de 24V</i> | | | | | |
| [PWR - GND] | Voltagem | 23 | 24 | 25 | V |
| [PWR - GND] | Corrente | 0 | - | 2 | A |
| <i>Requisitos de entrada de 24V externa</i> | | | | | |
| [24V - 0V] | Voltagem | 20 | 24 | 29 | V |
| [24V - 0V] | Corrente | 0 | - | 6 | A |

As E/S digitais são construídas em conformidade com a norma IEC 61131-2. As especificações elétricas são mostradas abaixo.

| Terminais | Parâmetro | Mín | Tipo | Máx | Unidade |
|--------------------------|-------------------|-----|------|-----|---------|
| <i>Saídas digitais</i> | | | | | |
| [COx / DOx] | Corrente* | 0 | - | 1 | A |
| [COx / DOx] | Queda de tensão | 0 | - | 0,5 | V |
| [COx / DOx] | Corrente de fuga | 0 | - | 0,1 | mA |
| [COx / DOx] | Função | - | PNP | - | Tipo |
| [COx / DOx] | IEC 61131-2 | - | 1A | - | Tipo |
| <i>Entradas digitais</i> | | | | | |
| [EIx/SIx/CIx/DIx] | Voltagem | -3 | - | 30 | V |
| [EIx/SIx/CIx/DIx] | Região Desligada | -3 | - | 5 | V |
| [EIx/SIx/CIx/DIx] | Região Ligada | 11 | - | 30 | V |
| [EIx/SIx/CIx/DIx] | Corrente (11-30V) | 2 | - | 15 | mA |
| [EIx/SIx/CIx/DIx] | Função | - | PNP | - | Tipo |
| [EIx/SIx/CIx/DIx] | IEC 61131-2 | - | 3 | - | Tipo |

Nota: *Para cargas resistivas ou cargas indutivas de, no máximo, 1H.



NOTA:

A palavra **configurável** é usada para a E/S que pode ser configurada como E/S de classificação de segurança ou E/S normal. Estes são os terminais amarelos com texto em preto.

5.3.2 E/S de Segurança

Esta seção descreve as entradas dedicadas de segurança (terminal amarelo com texto em vermelho) e a E/S configurável (terminais amarelos com texto em preto), quando configurado como E/S de segurança. As especificações comuns na seção 5.3.1 devem ser observadas.

Os dispositivos e equipamentos de segurança devem ser instalados de acordo com as instruções de segurança e avaliação de risco, (consulte o capítulo 1).

Todas as E/S de segurança são pares (redundantes) e devem ser mantidas como dois ramos distintos. Uma única falha não deve causar a perda da função de segurança.

As duas entradas de segurança permanentes são a Parada de Emergência do Robô e a Parada de Proteção. A entrada Parada de Emergência do Robô é apenas para equipamento de parada de emergência. A entrada Parada de Proteção é para todos os tipos de equipamento de proteção relacionadas com a segurança. A diferença funcional é mostrada abaixo.

| | Parada de Emergência | Parada de Proteção |
|--|----------------------------|--------------------------------|
| Robô para de se mover | Sim | Sim |
| Execução de programa | Para | Pausas |
| Potência do robô | Desligar | Ligar |
| Reinício | Manual | Automático ou manual |
| Frequência de uso | Não frequente | A cada ciclo até não frequente |
| Requer reinicialização | Somente liberação do freio | Não |
| Categoria de Parada (IEC 60204-1) | 1 | 2 |
| Nível de desempenho da função de monitoramento (ISO 13849-1) | PLd | PLd |

É possível utilizar a E/S configurável para a configuração de segurança adicional da funcionalidade de E/S, por exemplo, saída de parada de emergência. A configuração de um conjunto de E/S configurável para funções de segurança é feita por meio do GUI, consulte a parte II.

Alguns exemplos de como usar a E/S de Segurança são apresentados nas subseções a seguir.



PERIGO:

1. Nunca ligue um sinal de segurança em um PLC que não seja um PLC seguro, com o nível correto de segurança. O não cumprimento deste aviso pode resultar em ferimentos graves ou morte, dado que a função de segurança poderia ser substituída. É importante manter sinais da interface de segurança separados dos sinais comuns da interface de E/S.
2. Todas as E/S de classificação de segurança são construídas de forma redundante (dois canais independentes). Mantenha os dois canais separados de modo que uma única falha não possa levar à perda da função de segurança.
3. As funções de segurança devem ser verificadas antes de colocar o robô em operação. As funções de segurança devem ser testadas regularmente.
4. A instalação do robô deve obedecer a estas especificações. O não cumprimento pode resultar em ferimentos graves ou morte, dado que a função de segurança poderia ser substituída.

Copyright © 2009–2018 da Universal Robots A/S. Todos os direitos reservados.

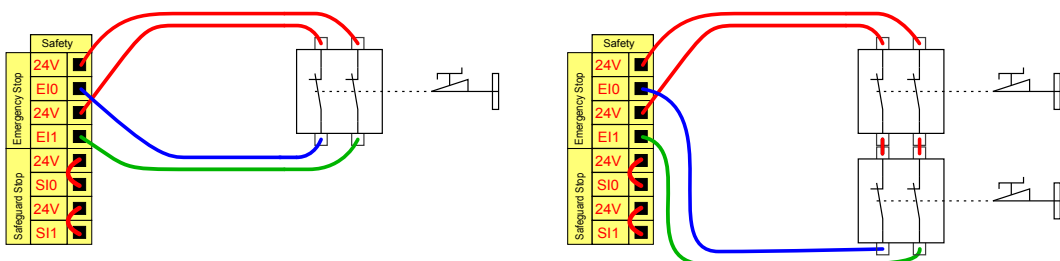
5.3.2.1 Configuração de Segurança padrão

O robô é enviado com uma configuração padrão que permite a operação sem qualquer equipamento de segurança adicional, consulte a ilustração abaixo.



5.3.2.2 Conectando os botões de parada de emergência

Na maioria das aplicações, é necessário usar um ou mais botões de Parada de Emergência extra. A ilustração abaixo mostra como um ou mais botões de parada de emergência podem ser conectados.



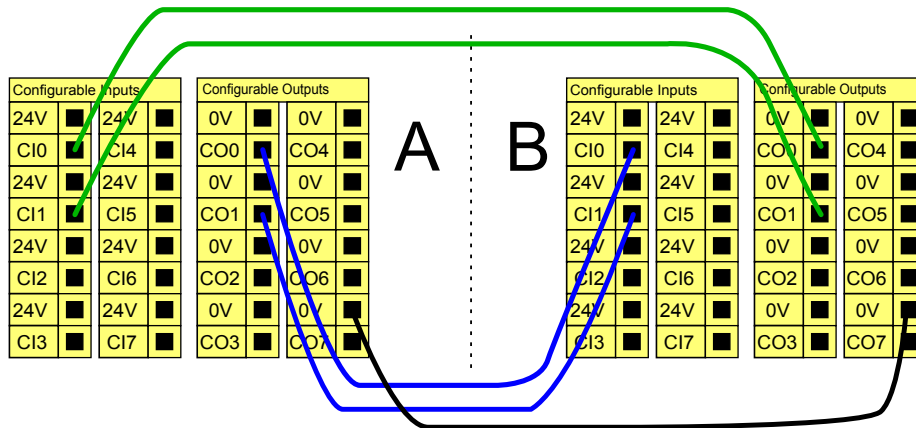
5.3.2.3 Compartilhando a parada de emergência com outras máquinas

Muitas vezes é desejável configurar um circuito de parada de emergência comum quando o robô é usado em conjunto com outras máquinas. Fazendo isso, o operador não precisará pensar sobre quais botões de parada de emergência usar.

A Parada de Emergência do Robô não pode ser usada para fins de compartilhamento, pois ambas as máquinas aguardarão umas pelas outras para sair da condição de parada de emergência. Para compartilhar a função de parada de emergência com outras máquinas, as seguintes funções de E/S configurável devem ser configuradas pelo GUI.

- Par de Entrada Configurável: Parada de emergência externa.
- Par de Saída Configurável: Parada de Emergência do Sistema.

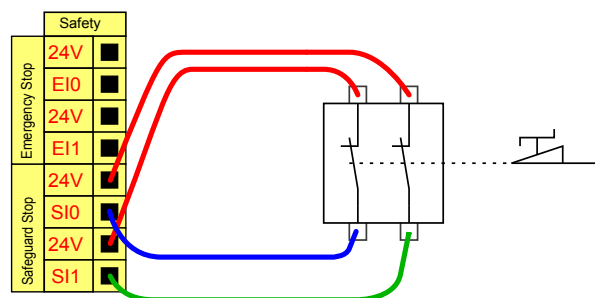
A ilustração abaixo mostra como dois robôs da UR compartilham as suas funções de parada de emergência. Neste exemplo, as E/Ss configuradas utilizadas são “CI0-CI1” e “CO0-CO1”.



Se mais de dois robôs da UR ou outras máquinas precisarem ser conectados, é necessário um PLC de segurança para controlar os sinais de parada de emergência.

5.3.2.4 Parada de proteção com continuação automática

Um exemplo de dispositivo básico de parada de proteção é um interruptor de porta onde o robô é interrompido quando uma porta está aberta, veja a ilustração abaixo.



Essa configuração é destinada somente à aplicação em que o operador não pode passar a porta e fechá-la atrás de si. A E/S configurável pode ser usada para configurar um botão de reset do lado de fora da porta, para reativar o movimento do robô.

Outro exemplo em que a continuação automática pode ser adequada é quando se usa uma esteira de segurança ou um scanner a laser com classificação de segurança. Veja abaixo.

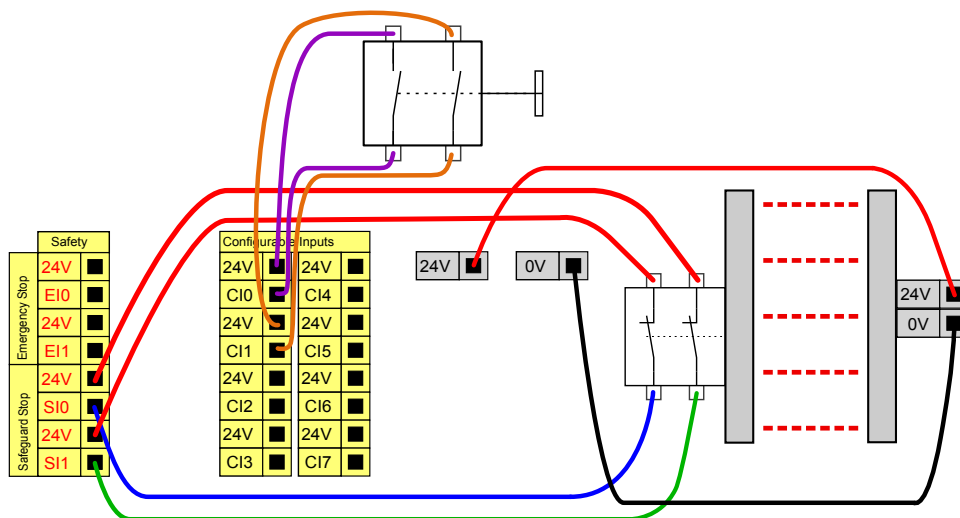


PERIGO:

1. O movimento do robô continua automaticamente quando o sinal de proteção é restabelecido. Não use esta configuração se o sinal puder ser restabelecido no interior do perímetro de segurança.

5.3.2.5 Parada de proteção com botão de reinício

Se a interface de proteção é usada para fazer a interface de uma cortina de luz, é necessária uma redefinição externa ao perímetro de segurança. O botão de reinício deve ser de um tipo de dois canais. Neste exemplo, a E/S configurada para reinício é “CI0-CI1”. Consulte abaixo.



5.3.3 E/S digital de uso geral

Esta seção descreve as E/S de 24V de propósito geral (terminais cinza) e a E/S configurável (terminais amarelos com texto em preto), quando não configurado como E/S de segurança. As especificações comuns na seção 5.3.1 devem ser observadas.

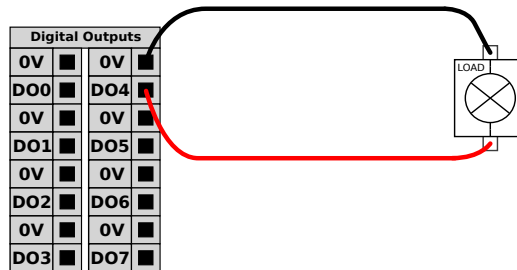
O propósito geral de E/S pode ser usado para acionar equipamentos como relés pneumáticos diretamente ou para a comunicação com outros sistemas PLC. Todas as saídas digitais podem ser desativadas automaticamente quando a execução do programa é interrompida, veja mais na parte II. Desse modo, a saída sempre está baixa quando um programa não está em execução.

5.3 E/S do controlador

Os exemplos são mostrados nas subseções a seguir. Esses exemplos usam saídas digitais regulares, mas quaisquer saídas configuráveis também poderiam ser usadas se elas não estiverem configuradas para executar uma função de segurança.

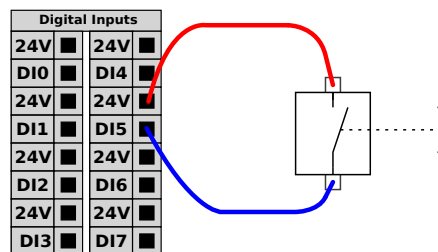
5.3.3.1 Carga controlada por uma saída digital

Esse exemplo mostra como conectar uma carga a ser controlada a partir de uma saída digital, consulte abaixo.



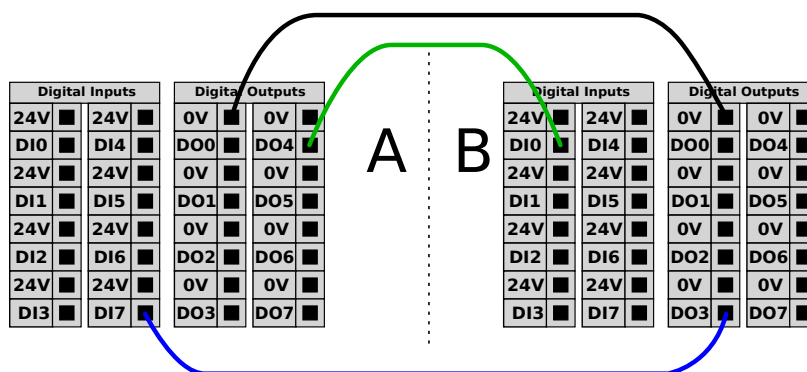
5.3.4 Entrada Digital a partir de um botão

O exemplo abaixo mostra como conectar um botão simples para conectar uma Entrada Digital.



5.3.5 Comunicação com outras máquinas ou PLCs

A E/S digital pode ser usada para se comunicar com outros equipamentos, se um GND (0V) comum for estabelecido e se a máquina usar a tecnologia PNP, veja abaixo.



5.3.6 E/S Analógica de uso geral

A interface de E/S analógica é o terminal verde. Ela pode ser usada para ajustar ou medir voltagem (0-10V) ou corrente (4-20mA) de e para outro equipamento.

É recomendável o seguinte para alcançar a mais alta precisão.

- Utilize o terminal AG mais próximo da E/S. O par compartilha um filtro de modo comum.

- Use o mesmo GND (0V) para equipamento e caixa de controle. A E/S Analógica não é isolada galvanicamente da caixa de controle.
- Use um cabo blindado ou pares trançados. Conecte a blindagem ao terminal “GND” no terminal chamado “Energia”.
- O uso do equipamento que funciona em modo de corrente. Os sinais de corrente são menos sensíveis a interferências.

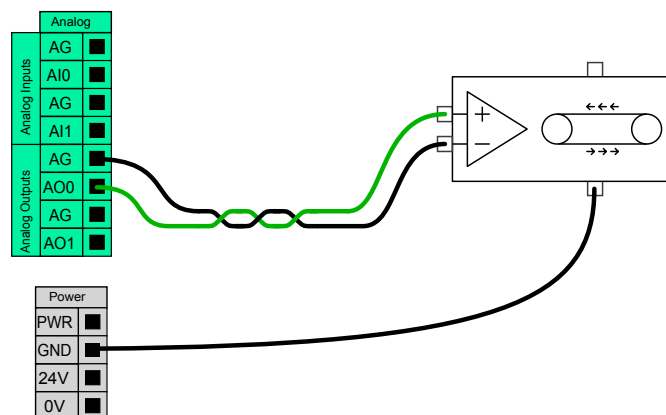
Os modos de entrada podem ser selecionados no GUI, consulte a parte II. As especificações elétricas são mostradas abaixo.

| Terminais | Parâmetro | Mín | Tipo | Máx | Unidade |
|--|-------------|-----|------|-----|---------|
| <i>Entrada analógica no modo de corrente</i> | | | | | |
| [AIx - AG] | Corrente | 4 | - | 20 | mA |
| [AIx - AG] | Resistência | - | 20 | - | ohm |
| [AIx - AG] | Resolução | - | 12 | - | bit |
| <i>Entrada analógica no modo tensão</i> | | | | | |
| [AIx - AG] | Voltagem | 0 | - | 10 | V |
| [AIx - AG] | Resistência | - | 10 | - | Kohm |
| [AIx - AG] | Resolução | - | 12 | - | bit |
| <i>Saída analógica no modo de corrente</i> | | | | | |
| [AOx - AG] | Corrente | 4 | - | 20 | mA |
| [AOx - AG] | Voltagem | 0 | - | 10 | V |
| [AOx - AG] | Resolução | - | 12 | - | bit |
| <i>Saída analógica no modo de tensão</i> | | | | | |
| [AOx - AG] | Voltagem | 0 | - | 10 | V |
| [AOx - AG] | Corrente | -20 | - | 20 | mA |
| [AOx - AG] | Resistência | - | 1 | - | ohm |
| [AOx - AG] | Resolução | - | 12 | - | bit |

Os exemplos a seguir mostram como usar a E/S Analógica.

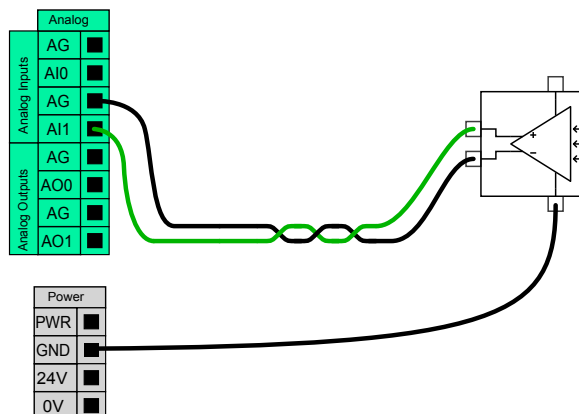
5.3.6.1 Usando uma saída analógica

Segue um exemplo de como controlar uma correia transportadora com uma entrada de controle de velocidade analógica.



5.3.6.2 Como usar Entradas Analógicas

Segue um exemplo de como conectar um sensor analógico.



5.3.7 Controle remoto LIGAR/DESLIGAR

Controle remoto LIGAR/DESLIGAR pode ser usado para ligar e desligar a caixa de controle sem usar a pendência de ensino. Ele é geralmente usado nas seguintes aplicações:

- Quando a pendência de ensino está inacessível.
- Quando um sistema PLC deve ter controle total.
- Quando vários robôs devem ser ligados ou desligados ao mesmo tempo.

O controle remoto LIGAR/DESLIGAR fornece uma pequena fonte de 12V auxiliar, que se mantém ativa quando a caixa do controlador está desligada. As entradas “ligar” e “desligar” destinam-se apenas à ativação a curto prazo. A entrada “ligar” funciona da mesma forma que o botão de energia. Sempre use a entrada “desligar” para “desligar” o controle remoto, pois este sinal permite que a caixa de controle salve os arquivos abertos e desligue corretamente.

As especificações elétricas são mostradas abaixo.

| Terminais | Parâmetro | Mín | Tipo | Máx | Unidade |
|--------------------|---------------------|-----|------|-----|---------|
| [12V - GND] | Voltagem | 10 | 12 | 13 | V |
| [12V - GND] | Corrente | - | - | 100 | mA |
| [LIGAR / DESLIGAR] | Tensão inativa | 0 | - | 0,5 | V |
| [LIGAR / DESLIGAR] | Tensão ativa | 5 | - | 12 | V |
| [LIGAR / DESLIGAR] | Corrente de entrada | - | 1 | - | mA |
| [LIGAR] | Tempo de ativação | 200 | - | 600 | ms |

Os exemplos a seguir mostram como usar o comando LIGAR/DESLIGAR.



NOTA:

Uma característica especial do software pode ser usada para carregar e iniciar programas automaticamente. Consulte a parte II.

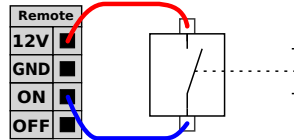


CUIDADO:

1. Nunca use a entrada “ligar” ou o botão de energia para desligar a caixa de controle.

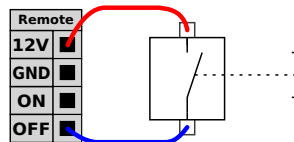
5.3.7.1 Botão remoto LIGAR

A ilustração abaixo mostra como conectar um botão on remoto.



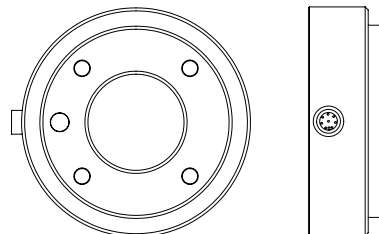
5.3.7.2 Botão remoto DESLIGAR

A ilustração abaixo mostra como conectar um botão DESLIGAR remoto.



5.4 E/S da ferramenta

Na extremidade da ferramenta do robô, há um pequeno conector com oito pinos; consulte a ilustração abaixo.



Este conector fornece sinais de energia e de controle para pinças e sensores usados em uma ferramenta de robô específica. Os seguintes cabos industriais são adequados:

- Lumberg RKMV 8-354.

Os oito fios dentro do cabo têm cores diferentes. As diferentes cores designam diferentes funções, veja a tabela abaixo:

| Cor | Sinal |
|----------|-------------------------------|
| Vermelho | 0V (GND) |
| Cinza | 0V/+12V/+24V (ENERGIA) |
| Azul | Saída da ferramenta 0 (TO0) |
| Rosa | Saída da ferramenta 1 (TO1) |
| Amarelo | Entrada da ferramenta 0 (TI0) |
| Verde | Entrada da ferramenta 1 (TI1) |
| Branco | Entrada analógica 2 (AI2) |
| Marrom | Entrada analógica 3 (AI3) |

A fonte de alimentação interna pode ser definida como 0V, 12V ou 24V na guia de E/S do GUI, consulte a parte II. As especificações elétricas são mostradas abaixo:

| Parâmetro | Mín | Tipo | Máx | Unidade |
|--|-----|------|-----|---------|
| Tensão de alimentação no modo de 24V | - | 24 | - | V |
| Tensão de alimentação no modo de 12V | - | 12 | - | V |
| Corrente de alimentação em ambos os modos* | - | - | 600 | mA |

Nota: *É altamente recomendável usar um diodo de proteção para cargas indutivas

As seguintes seções descrevem as diferentes E/S da ferramenta.



PERIGO:

1. Conecte ferramentas e pinças para que uma interrupção de energia não crie qualquer perigo, por exemplo, uma peça de trabalho cair da ferramenta.
2. Tome cuidado ao usar 12V, pois um erro cometido pelo programador pode causar a alteração de tensão para 24V, o que pode danificar o equipamento e causar um incêndio.



NOTA:

O flange da ferramenta está conectado ao GND (assim como o fio vermelho).

5.4.1 Saídas digitais da ferramenta

As saídas digitais são implantadas como NPN. Quando uma saída digital for ativada, a conexão correspondente será direcionada ao GND, e quando for desativada, a conexão correspondente será aberta (coletor aberto/dreno aberto). As especificações elétricas são mostradas abaixo:

| Parâmetro | Mín | Tipo | Máx | Unidade |
|----------------------|------|------|------|---------|
| Tensão quando aberta | -0,5 | - | 26 | V |
| Tensão ao baixar 1A | - | 0,05 | 0,20 | V |
| Corrente ao baixar | 0 | - | 600 | mA |
| Corrente pelo GND | 0 | - | 600 | mA |

Um exemplo de como usar uma saída digital é apresentado na subseção a seguir.

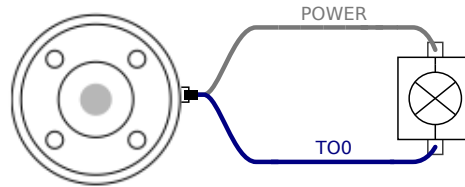


CUIDADO:

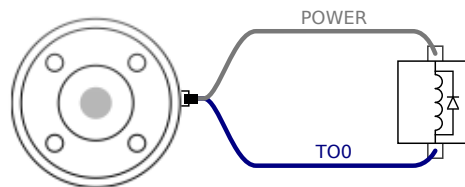
1. As saídas digitais na ferramenta não são limitadas pela corrente e a sobreposição de dados especificados pode causar dano permanente.

5.4.1.1 Como usar as saídas digitais da ferramenta

O exemplo abaixo ilustra como ativar uma carga ao usar a fonte de alimentação interna de 12V ou de 24V. Lembre-se de que é necessário definir a tensão da saída na guia de E/S. Lembre-se de que há tensão entre a conexão de ENERGIA e a proteção/terra, mesmo quando a carga está desligada.



Nota: *É altamente recomendável usar um diodo de proteção para cargas indutivas, como mostrado abaixo.



5.4.2 Entradas digitais da ferramenta

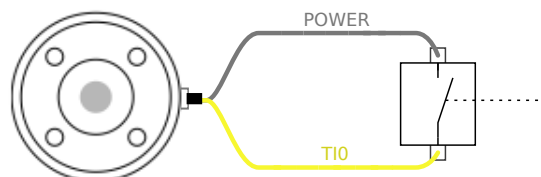
As entradas digitais são implantadas como PNP com resistores de pull-down fracos. Isso significa que uma entrada flutuante sempre terá leitura baixa. As especificações elétricas são mostradas abaixo.

| Parâmetro | Mín | Tipo | Máx | Unidade |
|------------------------|------|------|-----|----------|
| Tensão de entrada | -0,5 | - | 26 | V |
| Baixa tensão lógica | - | - | 2,0 | V |
| Alta tensão lógica | 5,5 | - | - | V |
| Resistência de entrada | - | 47k | - | Ω |

Um exemplo de como usar uma entrada digital é apresentado na subsecção a seguir.

5.4.2.1 Como usar as entradas digitais da ferramenta

O exemplo abaixo mostra como conectar um botão simples.



5.4.3 Entradas analógicas da ferramenta

As entradas analógicas de ferramenta não são diferenciais e podem ser definidas como voltagem e corrente na guia de E/S, consulte a parte II. As especificações elétricas são mostradas abaixo.

| Parâmetro | Mín | Tipo | Máx | Unidade |
|---|------|------|-----|---------|
| Tensão de entrada no modo de tensão | -0,5 | - | 26 | V |
| Resistência de entrada na faixa de 0V a 10V | - | 10,7 | - | kΩ |
| Resolução | - | 12 | - | bit |
| Tensão de entrada no modo de corrente | -0,5 | - | 5,0 | V |
| Corrente de entrada no modo de corrente | -2,5 | - | 25 | mA |
| Resistência de entrada @ intervalo 4mA a 20mA | - | 182 | 188 | Ω |
| Resolução | - | 12 | - | bit |

Dois exemplos de como usar entradas analógicas são apresentados nas subseções a seguir.

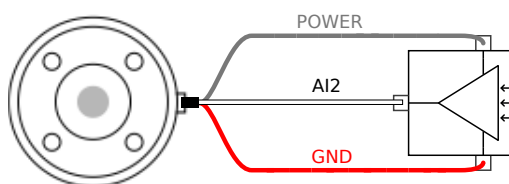


CUIDADO:

1. As entradas analógicas não estão protegidas contra o excesso de tensão no modo de corrente. Superestimar o limite na especificação elétrica pode causar danos permanentes à entrada.

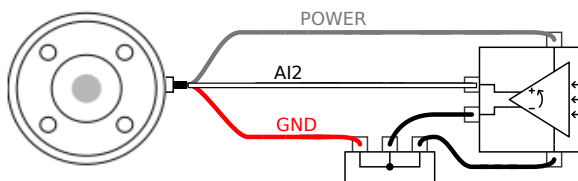
5.4.3.1 Usando entradas analógicas da ferramenta, não diferenciais

O exemplo abaixo mostra como conectar um sensor analógico a uma saída não diferencial. A saída do sensor pode ser corrente ou tensão, desde que o modo de entrada desta entrada analógica seja configurado de igual maneira na guia de E/S. Lembre-se de verificar se um sensor com saída de tensão pode acionar a resistência interna da ferramenta, caso contrário, a medição pode ser inválida.



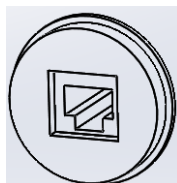
5.4.3.2 Usando entradas analógicas da ferramenta, diferenciais

O exemplo abaixo mostra como conectar um sensor analógico a uma saída diferencial. Conecte a parte de saída negativa ao GND (0V) e ele funcionará da mesma forma como um sensor não diferencial.



5.5 Ethernet

Uma conexão Ethernet é fornecida na parte inferior da caixa de controle, veja a ilustração abaixo.



A interface Ethernet pode ser usada para:

- Módulos de expansão de E/S MODBUS. Veja mais na parte II.
- Acesso e controle remotos.

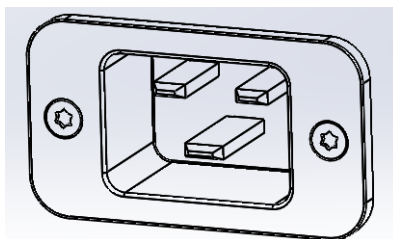
As especificações elétricas são mostradas abaixo.

| Parâmetro | Mín | Tipo | Máx | Unidade |
|---------------------------|-----|------|------|---------|
| Velocidade de comunicação | 10 | - | 1000 | Mb/s |

5.6 Principais conexões

O cabo de alimentação da caixa do controlador tem um plugue IEC padrão na extremidade. Conecte um plugue ou cabo de alimentação específico do país ao plugue IEC.

Para energizar o robô, a caixa de controle deve ser ligada à corrente elétrica. Isso deve ser feito por meio do plugue IEC C20 padrão na parte inferior da caixa de controle por um cabo IEC C19 correspondente, veja a ilustração abaixo.



A fonte de alimentação deve estar equipada com o seguinte, no mínimo:

- Conexão com o terra.
- Fusível principal.
- Dispositivo de corrente residual.

Recomenda-se a instalação de um interruptor principal para desligar todo o equipamento na aplicação do robô como um meio fácil de bloqueio e etiquetagem em serviço.

As especificações elétricas são mostradas na tabela abaixo.

5.7 Conexão com o Robô

| Parâmetro | Mín | Tipo | Máx | Unidade |
|---|-----|------|-----|---------|
| Tensão de entrada | 100 | - | 265 | VAC |
| Fusível da alimentação externa (a 100-200V) | 8 | - | 16 | A |
| Fusível da alimentação externa (a 200-265V) | 8 | - | 16 | A |
| Frequência da entrada | 47 | - | 63 | Hz |
| Energia de standby | - | - | 0,5 | W |
| Energia operacional nominal | 90 | 150 | 325 | W |

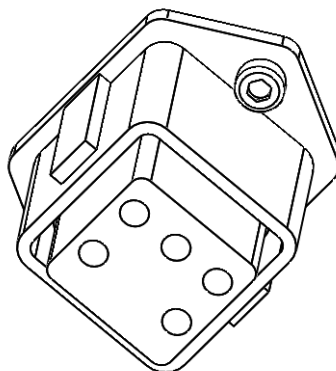


PERIGO:

1. Certifique-se de que o robô esteja aterrado corretamente (conexão ao fio terra). Use os parafusos novos associados com símbolos de aterramento no interior da caixa do controlador para criar aterramento comum de todos os equipamentos do sistema. O condutor de aterramento deve ter pelo menos a classificação atual da corrente mais alta no sistema.
2. Certifique-se que a entrada energia para a caixa de controle seja protegida com um Dispositivo de Corrente Residual (RCD, na sigla em inglês) e com um fusível correto.
3. Bloqueie e rotule todas as fontes de alimentação de toda a instalação do robô durante a manutenção. Nenhum outro equipamento deve fornecer energia para as E/S do robô quando o sistema está bloqueado.
4. Certifique-se de que todos os cabos estejam conectados corretamente antes que a caixa do controlador seja alimentada. Sempre use um cabo de alimentação original e correto.

5.7 Conexão com o Robô

O cabo do robô deve ser conectado ao conector na parte inferior da caixa de controle, veja a ilustração abaixo. Verifique se o conector está devidamente bloqueado antes de ligar o braço do robô. A desconexão do cabo do robô pode ser feita somente quando a energia do robô estiver desligada.



**CUIDADO:**

1. Não desconecte o cabo do robô quando o braço do robô estiver ligado.
2. Não estenda ou modifique o cabo original.

6 Manutenção e Conserto

Você deve executar os serviços de manutenção e conserto em conformidade com todas as instruções de segurança apresentadas neste manual.

Você deve executar os serviços de manutenção, calibração e conserto de acordo com as últimas versões dos Manuais de Serviço no site de suporte <http://www.universal-robots.com/support>.

Somente os integradores de sistemas autorizados, ou a Universal Robots, devem realizar os reparos.

Todas as peças devolvidas a Universal Robots devem ser entregues de acordo com o manual de manutenção.

6.1 Instruções de segurança

Após a manutenção e conserto, devem ser realizadas verificações para garantir o nível de segurança necessário. As verificações devem obedecer aos regulamentos de segurança no trabalho nacionais ou regionais válidos. Todas as funções de segurança devem ser testadas.

A finalidade da manutenção e conserto é assegurar que o sistema siga em funcionamento ou, em caso de falhas, fazer com que o sistema volte a funcionar. Os consertos também fazem referência à solução de problemas.

Quando trabalhar no braço do robô ou na caixa de controle, você deve observar os procedimentos e avisos abaixo.



PERIGO:

1. Não faça nenhuma alteração na configuração de segurança do software (por exemplo o limite de força). A configuração de segurança é descrita no Manual do PolyScope. Se algum parâmetro de segurança for alterado, todo o sistema do robô pode ser considerado novo, o que significa que o processo de aprovação de segurança, incluindo a avaliação de riscos, deverá ser atualizado em conformidade.
2. Substitua os componentes defeituosos por componentes novos com os mesmos códigos ou componentes aprovados pela Universal Robots.
3. Imediatamente após a conclusão das tarefas, acione quaisquer medidas de segurança que tenham sido desativadas.
4. Registre todos os consertos e guarde essa documentação no arquivo técnico associado ao sistema do robô.

**PERIGO:**

1. Retire o cabo de entrada de energia, na parte de baixo da caixa de controle, para garantir que ela esteja completamente desligada. Desligue todas as fontes de energia ligadas ao braço de robô ou caixa de controle. Tome as precauções necessárias para evitar que outras pessoas possam ligar o sistema durante o conserto.
2. Verifique a conexão do terra antes de voltar a ligar o sistema.
3. Cumpra as normas de descarga eletrostática quando as peças da caixa de controle ou do braço do robô forem desmontadas.
4. Evite desmontar as fontes de alimentação da caixa de controle. Estas fontes de energia podem reter tensões de até 600 V por várias horas após a caixa de controle ser desligada.
5. Evite a entrada de água e poeira no braço ou na caixa de controle do robô.

7 Descarte e Meio Ambiente

Os robôs UR devem ser eliminados de acordo com as leis, regulamentos e normas nacionais em vigor.

Os robôs UR são produzidos com uso restrito de substâncias perigosas para proteger o meio ambiente, de acordo com a Diretriz Europeia de RoHS 2011/65/UE. Estas substâncias incluem mercúrio, cádmio, chumbo, cromo VI, bifenilos polibromados e éteres difenil-polibromados.

A taxa para descarte e tratamento dos resíduos eletrônicos de robôs UR vendidos no mercado dinamarquês é previamente paga ao sistema DPA pela Universal Robots A/S. Os importadores de países abrangidos pela Diretriz Europeia de REEE 2012/19/UE devem fazer sua própria inscrição no registro nacional de REEE de seu país. A taxa normalmente é menor que 1€/robô. A lista dos registros nacionais pode ser encontrada aqui: <https://www.ewrn.org/national-registers>.

Os seguintes símbolos estão afixados no robô para indicar conformidade com a legislação acima:



8 Certificações

Este capítulo apresenta os certificados e declarações elaborados para o produto.

8.1 Certificação de Terceiros

A certificação de terceiros é voluntária. No entanto, para prestar o melhor serviço aos integradores de robôs, a UR decidiu certificar os nossos robôs de acordo com os seguintes institutos de ensaio reconhecidos:



TÜV NORD Os robôs da UR são aprovados pelos critérios de segurança da TÜV NORD, um órgão notificado no âmbito da diretiva de máquinas 2006/42/CE da União Europeia. Você pode encontrar uma cópia do certificado de aprovação de segurança do TÜV NORD no anexo B.



DELTA Os robôs da UR são testados pela DELTA quanto ao desempenho. Você pode encontrar os certificados de teste de compatibilidade eletromagnética (EMC) e ambiental no anexo B.



TÜV SÜD Robôs UR são testados pela TÜV SÜD para salas limpas. Pode encontrar um certificado de salas limpas no anexo B.



CHINA RoHS Os robôs da UR estão em conformidade com os métodos de gestão de CHINA RoHS para controle da poluição por produtos de informatização eletrônica.

8.2 Certificação de Terceiros pelos Fornecedores



Ambiente Como informado por nossos fornecedores, os paletes de transporte dos robôs da UR estão em conformidade com os requisitos de ISMPM-15 dinamarquês para a produção de material de embalagem de madeira e estão identificados de acordo com esta norma.

8.3 Certificação de Teste do Fabricante



UR

Os robôs da UR são submetidos a procedimentos de testes internos e de fim de linha. Os processos de teste da UR passam por revisão e melhoria contínuas.

8.4 Declarações de acordo com as diretrizes da União Europeia

Apesar de serem relevantes principalmente para a Europa, alguns países fora da Europa reconhecem e/ou exigem as **declarações da UE**. As diretrizes europeias estão disponíveis no site oficial: <http://eur-lex.europa.eu>.

Os robôs da UR são certificados de acordo com as diretrizes abaixo.

2006/42/CE — Diretriz de Maquinário (MD)

De acordo com a Diretriz de Maquinário 2006/42/CE, os robôs da UR são **máquinas quase completas**, e como tal, uma marcação CE não é afixada.

Nota: Se o robô da UR for usado em uma aplicação de pesticidas, você observará a presença da diretriz 2009/127/CE. Declaração de incorporação de acordo com 2006/42/CE anexo II 1.B., no anexo B.

2006/95/CE — Diretriz de Baixa Tensão (LVD)

2004/108/CE — Compatibilidade Eletromagnética (EMC)

2011/65/UE — Restrição ao uso de determinadas substâncias perigosas (RoHS)

2012/19/UE — Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE)

Na Declaração de Incorporação no anexo B, estão listadas as declarações de conformidade com as diretrizes acima.

A marca CE é colocada de acordo com as diretrizes de marcação CE descritas acima. As informações sobre os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos estão no capítulo 7.

As informações sobre as normas aplicadas durante o desenvolvimento do robô estão no anexo C.

9 Garantias

9.1 Garantia do Produto

Sem prejuízo a qualquer direito de reclamação que o usuário (cliente) possa ter em relação ao revendedor ou varejista, o cliente deverá receber uma Garantia do fabricante sob as condições abaixo determinadas:

Caso novos dispositivos e seus componentes apresentem defeitos resultantes de fabricação e/ou falhas de materiais no prazo de 12 meses após a colocação em funcionamento (no máximo 15 meses da remessa), a Universal Robots deverá fornecer as peças sobressalentes necessárias, enquanto que o usuário (cliente) deverá fornecer as horas de mão de obra para substituir as peças sobressalentes, para substituir a peça por outra peça que reflita a tecnologia atual ou para consertar a peça em questão. Esta Garantia será invalidada se o defeito do dispositivo for devido ao uso inadequado e/ou não de acordo com as informações contidas nos guias de usuário. Esta Garantia não se aplica nem se estende a serviços realizados pelo representante autorizado ou pelos próprios clientes (por exemplo, instalação, configuração, download de software). O recibo de compra, juntamente com a data de compra, deve ser exigido como prova para solicitar a Garantia. Reclamações referentes à Garantia devem ser enviadas dentro de dois meses do aparecimento do problema coberto pela Garantia. A propriedade dos dispositivos ou componentes substituídos pela Universal Robots e devolvidos à mesma será da Universal Robots. Quaisquer outras reclamações relacionadas ao dispositivo devem ser excluídas desta Garantia. Nenhuma parte desta Garantia deve tentar limitar ou excluir os Direitos Estatutários de um Cliente nem a responsabilidade do fabricante por morte ou lesão pessoal resultante de sua negligência. A duração da Garantia não deve ser estendida por serviços fornecidos sob os termos desta Garantia. Quando o problema não se enquadrar em nenhuma Garantia, a Universal Robots reserva-se o direito de cobrar o cliente por substituições ou reparos. As disposições acima não sugerem uma mudança de ônus da prova em detrimento do cliente. Caso um dispositivo apresente defeitos, a Universal Robots não será responsável por indenizações diretas, incidentais, especiais ou consequentes, incluindo, entre outros, lucros perdidos, perda de uso, perda de produção ou danos a outros equipamentos de produção.

Caso um dispositivo apresente defeitos, a Universal Robots não deverá cobrir nenhum dano ou perda consequente, como perda de produção ou dano a outro equipamento de produção.

9.2 Isenção de responsabilidade

A Universal Robots continua a melhorar a confiabilidade e o desempenho de seus produtos e, portanto, se reserva o direito de atualizar o produto sem aviso prévio. A Universal Robots toma todo o cuidado para que o conteúdo deste manual seja preciso e correto, mas não assume qualquer responsabilidade por quaisquer erros ou falta de informações.

A Tempo e Distância de Parada

As informações sobre os tempos e distâncias de parada estão disponíveis para a Categoria de Parada 0 e para a Categoria de parada¹ 1. Este apêndice inclui as informações sobre a Categoria de Parada 0. As informações sobre a Categoria de Parada 1 estão disponíveis em <http://universal-robots.com/support/>.

A.1 Tempos e distâncias de parada da Categoria de Parada 0

A tabela abaixo inclui as distâncias e tempos de parada medidos quando uma Categoria de Parada 0 é acionada. Estas medidas correspondem à seguinte configuração do robô:

- Extensão: 100% (o braço do robô está totalmente estendido horizontalmente).
- Velocidade: 100% (a velocidade geral do robô é definida para 100% e o movimento é realizado a uma velocidade conjunta de 183°/s).
- Carga: carga máxima manipulada pelo robô ligado ao TCP (5 kg).

O teste do Conjunto 0 foi obtido realizando um movimento horizontal, ou seja, o eixo de rotação estava perpendicular ao chão. Durante os testes para o Conjunto 1 e 2, o robô seguiu uma trajetória vertical, ou seja, os eixos de rotação estavam paralelos ao chão, e a parada foi realizada enquanto o robô estava se movendo para baixo.

| | Distância de Parada (rad) | Tempo de parada (ms) |
|-----------------------|---------------------------|----------------------|
| Conjunto 0 (BASE) | 0.31 | 244 |
| Conjunto 1 (OMBRO) | 0.70 | 530 |
| Conjunto 2 (COTOVELO) | 0.22 | 164 |

¹De acordo com o IEC 60204-1, consulte o Glossário para obter mais detalhes.



B Declarações e Certificados

B.1 CE/EU Declaration of Incorporation (original)

According to European Directive 2006/42/EC annex II 1.B.

The manufacturer Universal Robots A/S
Energivej 25
5260 Odense S
Denmark

hereby declares that the product described below

Industrial robot UR5/CB3

may not be put into service before the machinery in which it will be incorporated is declared in conformity with the provisions of Directive 2006/42/EC, as amended by Directive 2009/127/EC, and with the regulations transposing it into national law.

The safety features of the product are prepared for compliance with all essential requirements of Directive 2006/42/EC under the correct incorporation conditions, see product manual. Compliance with all essential requirements of Directive 2006/42/EC relies on the specific robot installation and the final risk assessment.

Relevant technical documentation is compiled according to Directive 2006/42/EC annex VII part B and available in electronic form to national authorities upon legitimate request. Undersigned is based on the manufacturer address and authorised to compile this documentation.

Additionally the product declares in conformity with the following directives, according to which the product is CE marked:


2014/35/EU — Low Voltage Directive (LVD)

2014/30/EU — Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)

2011/65/EU — Restriction of the use of certain hazardous substances (RoHS)

A complete list of applied harmonized standards, including associated specifications, is provided in the product manual.

Odense, April 20th, 2016

R&D

David Brandt
Technology Officer

B.2 Declaração de Incorporação CE/EU (Tradução do original)

De acordo com a Diretriz Europeia 2006/42/CE anexo II 1.B.

O fabricante Universal Robots A/S
 Energivej 25
 5260 Odense S
 Dinamarca

declara, por meio deste, que o produto descrito abaixo

Robô Industrial UR5/CB3

não pode ser colocado em funcionamento antes de a máquina à qual ele será incorporado for declarada em conformidade com as disposições da Diretriz 2006/42/CE, alterada pela Diretriz 2009/127/CE, e com as normas transferidas ao direito nacional.

Os recursos de segurança do produto foram preparados para cumprir todos os requisitos da Diretriz 2006/42/CE segundo as condições corretas de incorporação; consulte o manual do produto. O cumprimento de todos os requisitos da Diretriz 2006/42/CE depende ainda da instalação específica do robô e da avaliação final de risco.

A documentação técnica pertinente foi elaborada de acordo com a Diretriz 2006/42/CE anexo VII parte B e está disponível em formato eletrônico para autoridades nacionais mediante solicitação legítima. O signatário está baseado no endereço do fabricante e autorizado a compilar essa documentação.

Além disso, o produto é declarado como em conformidade com as seguintes diretrizes, de acordo com as quais recebeu a marca CE:

2014/35/EU — Diretriz de Baixa Tensão (LVD)

2014/30/EU — Diretriz de Compatibilidade Eletromagnética (EMC)

2011/65/EU — Restrição ao uso de determinadas substâncias perigosas (RoHS)

O manual do produto oferece uma lista completa de normas harmonizadas aplicadas, incluindo as especificações associadas.

Odense, 20 de abril de 2016

R&D



David Brandt

Technology Officer

B.3 Certificado de Sistema de Segurança



ZERTIFIKAT CERTIFICATE

Hiermit wird bescheinigt, dass die Firma / *This certifies, that the company*

Universal Robots A/S
Energivej 25
DK-5260 Odense S
Denmark

berechtigt ist, das unten genannte Produkt mit dem abgebildeten Zeichen zu kennzeichnen.
is authorized to provide the product mentioned below with the mark as illustrated.

| | | |
|---|---|---|
| Fertigungsstätte: <i>Manufacturing plant:</i> | Universal Robots A/S Energivej 25 DK-5260 Odense S Denmark |  |
| Beschreibung des Produktes: <i>(Details s. Anlage 1)</i> <i>Description of product:</i> <i>(Details see Annex 1)</i> | Universal Robots Safety System URSafety 3.1 for UR10, UR5 and UR3 robots | |

Geprüft nach: **EN ISO 13849-1:2008, PL d**
Tested in accordance with:

| | |
|---|---|
| Registrier-Nr. / <i>Registration No.</i> 44 207 14097602 Prüfbericht Nr. / <i>Test Report No.</i> 3515 4327 Aktenzeichen / <i>File reference</i> 8000443298 | Gültigkeit / <i>Validity</i> von / <i>from</i> 2015-06-02 bis / <i>until</i> 2020-06-01 |
|---|---|



Zertifizierungsstelle der TÜV NORD CERT GmbH
 TÜV NORD CERT GmbH Langemarkstraße 20 45141 Essen

Essen, 2015-06-02
 www.tuev-nord-cert.de technology@tuev-nord.de


Bitte beachten Sie auch die umseitigen Hinweise
Please also pay attention to the information stated overleaf

Copyright © 2009–2018 da Universal Robots A/S. Todos os direitos reservados.

B.4 Certificado de teste ambiental



Climatic and mechanical assessment sheet no. 1275

| | |
|--|--|
| DELTA client Universal Robots A/S Energivej 25 5260 Odense S Denmark | DELTA project no. T207415-1 |
| Product identification UR5 robot arm: UR5 AE/CB3, 0A-series UR5 control box: AE/CB3, 0A-series UR5 teach pendant: AE/CB3, 0A-series UR10 robot arm: UR10 AE/CB3, 0A-series UR10 control box: UR10 AE/CB3, 0A-series UR10 teach pendant: AE/CB3, 0A-series | |
| DELTA report(s) DELTA project no. T207415-1, DANAK-19/13752 Revision 1 | |
| Other document(s) | |
| Conclusion The two robot arms UR5 and UR10 including their control box and teach pendant have been tested according to the below listed standards. The test results are given in the DELTA report listed above. The tests were carried out as specified and the test criteria for environmental tests as specified in Annex 1 of the report were fulfilled. IEC 60068-2-1, Test Ae; -5 °C, 16 h IEC 60068-2-2, Test Be; +50 °C, 16 h IEC 60068-2-64, Test Fh; 5 – 20 Hz: 0.05 g ² /Hz, 20 – 150 Hz: -3 dB/octave, 1.66 grms, 3 x 1½ h IEC 60068-2-27, Test Ea, Shock; 160 g, 1 ms, 3 x 6 shocks | |
| Date Hørsholm, 14 March 2014 | Assessor  Susanne Otto B.Sc.E.E., B.Com (Org) |

Copyright © 2009–2018 da Universal Robots A/S. Todos os direitos reservados.

20ass-sheet-j

B.5 Certificado de teste EMC



We help ideas meet the real world

Attestation of Conformity

EMC assessment - Certificate no. 1549

DELTA has been designated as Notified Body by the notified authority National Telecom Administration part of the Energy Agency in Denmark to carry out tasks referred to in Annex III of the European Council EMC Directive. The attestation of conformity is in accordance with the essential requirements set out in Annex I.

DELTA client

Universal Robots A/S
Energivej 25
5260 Odense S
Denmark

Product identification (type(s), serial no(s).)

UR robot generation 3, G3, including CB3/AE for models UR3, UR5 and UR10

Manufacturer

Universal Robots A/S

Technical report(s)

DELTA Project T207371, EMC Test of UR5 and UR10 - DANAK-19/13884, dated 26 March 2014
DELTA Project T209172, EMC Test of UR3 - DANAK-19/14667, dated 05 November 2014
UR EMC Test Specification G3 rev 3, dated 30 October 2014
EMC Assessment Sheet 1351

Standards/Normative documents

EMC Directive 2014/30/EU, Article 6
EN/(IEC) 61326-3-1:2008, Industrial locations, SIL 2 applications
EN/(IEC) 61000-6-2:2005
EN/(IEC) 61000-6-4:2007+A1

The product identified above has been assessed and complies with the specified standards/normative documents. The attestation does not include any market surveillance. It is the responsibility of the manufacturer that mass-produced apparatus have the same EMC quality. The attestation does not contain any statements pertaining to the EMC protection requirements pursuant to other laws and/or directives other than the above mentioned if any.

DELTA

Venlighedsvej 4
2970 Hørsholm
Denmark

Tel. +45 72 19 40 00
Fax +45 72 19 40 01
www.delta.dk
VAT No. 12275110

Hørsholm, 08 August 2016



Knud A. Baltsen
Senior Consultant

20aocass-uk-j

B.6 Certificados de testes em salas limpas



Industrie Service

ZERTIFIKAT ♦ CERTIFICATE ♦ CERTIFICADO ♦ CERTIFICAT

CERTIFICATE

TÜV SÜD Industrie Service GmbH hereby confirms UNIVERSAL ROBOTS A/S situated at Energivej 25, 5260 Odense S; Dänemark, that the product

Roboter, Model: UR5 / Typ INDUSTRIAL

the cleanroom compatibility of the equipment for the ISO Class 5 according ISO 14644-1.

The certificate is limited to the particulate cleanliness. The product was tested according to VDI 2083 Part 9.1 in August 2016.

The implementation of the testing and certification is carried out by TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Certificate Nr.: 2589737-02
 Report-Nr.: 203195-2
 Valid till: August 2018

Dipl.-Ing. (FH) Walter Ritz
 Berlin, 25. August 2016
 TÜV SÜD Industrie Service GmbH
 Wittestraße 30, Haus L, 13509 Berlin



Industrie Service

ZERTIFIKAT ◆ CERTIFICATE ◆ CERTIFICADO ◆ CERTIFICAT

CERTIFICATE

TÜV SÜD Industrie Service GmbH hereby confirms UNIVERSAL ROBOTS A/S situated at Energivej 25, 5260 Odense S; Dänemark, that the product

Controller for UR 3 & UR 5 & UR 10

the cleanroom compatibility of the equipment for the ISO Class 6 according ISO 14644-1.

The certificate is limited to the particulate cleanliness. The product was tested according to VDI 2083 Part 9.1 in August 2016.

The implementation of the testing and certification is carried out by TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Certificate Nr.: 2589737-04
Report-Nr.: 203195
Valid till: August 2018



Dipl.-Ing. (FH) Walter Ritz
Berlin, 25. August 2016
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Wittestraße 30, Haus L, 13509 Berlin



Copyright © 2009–2018 da Universal Robots A/S. Todos os direitos reservados.

C Normas Aplicadas

Esta seção descreve as normas pertinentes aplicadas no âmbito do desenvolvimento do braço do robô e caixa de controle. Sempre que uma determinada Diretiva Europeia é anotada entre parênteses, indica que a norma está harmonizada de acordo com a referida Diretiva.

Uma norma não é uma lei. Uma norma é um documento desenvolvido pelas partes interessadas dentro de um determinado setor, definindo os requisitos normais de segurança e desempenho para um produto ou grupo de produtos.

Abreviaturas significam o seguinte:

| | |
|------|--|
| ISO | International Standardization Organization |
| IEC | International Electrotechnical Commission |
| EN | European Norm |
| TS | Technical Specification |
| TR | Technical Report |
| ANSI | American National Standards Institute |
| RIA | Robotic Industries Association |
| CSA | Canadian Standards Association |

A conformidade com as seguintes normas é garantida somente se todas as instruções de montagem, instruções de segurança e orientação neste manual forem seguidas.

ISO 13849-1:2006 [PLd]

ISO 13849-1:2015 [PLd]

ISO 13849-2:2012

EN ISO 13849-1:2008 (E) [PLd – 2006/42/EC]

EN ISO 13849-2:2012 (E) (2006/42/CE)

Safety of machinery – Safety-related parts of control systems

Part 1: General principles for design

Part 2: Validation

O sistema de controle de segurança é projetado como Nível de desempenho d (PLd), de acordo com os requisitos destas normas.

ISO 13850:2006 [Categoria de Parada 1]

ISO 13850:2015 [Categoria de Parada 1]

EN ISO 13850:2008 (E) [Categoria de parada 1 - 2006/42/CE]

EN ISO 13850:2015 [Categoria de parada 1 - 2006/42/CE]

Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design

A função de parada de emergência é concebida como uma Categoria de Parada 1, de acordo com esta norma. A Categoria de Parada 1 é uma parada controlada com energia para os motores para alcançar a parada e depois a remoção da energia quando a parada é alcançada.

ISO 12100:2010**EN ISO 12100:2010 (E) [2006/42/EC]**

Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction

Os robôs UR são avaliados de acordo com os princípios desta norma.

ISO 10218-1:2011**EN ISO 10218-1:2011(E) [2006/42/EC]**

Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots

Part 1: Robots

Este padrão é destinado ao fabricante do robô, não ao integrador. A segunda parte (ISO 10218-2) é destinada ao integrador de robô, como ele lida com a instalação e design do aplicativo do robô.

Os criadores da norma imaginaram implicitamente os robôs industriais tradicionais, que são tradicionalmente protegidos por cercas e cortinas de luz. Os robôs UR são projetados com limitação de força e energia habilitada sempre. Por isso, alguns conceitos são esclarecidos e explicados abaixo.

Se um robô da UR for usado em uma aplicação perigosa, medidas de segurança adicionais podem ser necessárias, consulte o capítulo 1 desse manual.

Esclarecimento:

- “3.24.3 Espaço de proteção” é definido pelo perímetro de proteção. Normalmente, o espaço de proteção é um espaço atrás de uma cerca, que protege as pessoas contra os robôs tradicionais perigosos. Os robôs UR são projetados para trabalhar sem uma cerca com energia e força atribuídas limitando as funções de segurança colaborativas, onde não há espaço protegido perigoso definido pelo perímetro de uma cerca.
- “5.4.2 Requisito de desempenho”. Todas as funções de segurança são construídas como PLd segundo o ISO 13849-1:2006. O robô é construído com sistemas de codificação redundantes em cada articulação e as E/Ss com classificação de segurança são construídas com uma estrutura de Categoria¹ 3. As E/Ss com classificação de segurança devem ser conectadas de acordo com este manual ao equipamento com classificação de segurança de Categoria 3 para formar uma estrutura PLd da função de segurança completa.
- “5.7 Modos de operação”. Os robôs UR não têm diferentes modos de operação e, portanto, eles não têm um seletor de modo.
- “5.8 Controles pendentes”. Esta seção define recursos de proteção para a pendência de ensino, quando deve ser usada dentro de um espaço de proteção contra perigos. Como os robôs UR são projetados para operação colaborativa, não há espaço de proteção contra perigos como nos robôs tradicionais. Os robôs UR são mais seguros para ensinar que os robôs tradicionais. Em vez de ter que liberar um dispositivo que permita o posicionamento triplo, o operador pode simplesmente parar o robô com a mão. Se um robô UR está instalado em um aplicativo perigoso com proteção,

¹De acordo com a ISO 13849-1, consulte o Glossário para obter mais detalhes.

um dispositivo que permite três posicionamentos pode ser conectado segundo as instruções deste manual. Além disso, veja os esclarecimentos no ISO/TS 15066 cláusula 5.4.5.

- “5.10 Requisitos de operação colaborativos”. As funções de segurança colaborativas limitantes de força e potência dos robôs UR estão sempre ativas. O design visual dos robôs UR indica que os robôs podem ser usados para operações de colaboração. As funções de potência e força limitantes são projetadas de acordo com o ISO 10218-1 cláusula 5.10.5. Além disso, veja os esclarecimentos no ISO/TS 15066 cláusula 5.5.4.
- “5.12.3 Eixo suave de classificação de segurança e limitação de espaço”. Esta função de segurança é uma de mais funções de segurança configuráveis por meio de software. Um código hash é gerado a partir das sessões de todas estas funções de segurança e é representado como um identificador de verificação de segurança no GUI.

ISO/TS 15066:2016

Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Collaborative operation

Esta é uma especificação técnica (TS), **não** um padrão. A finalidade de uma TS é apresentar um conjunto de requisitos imaturos para ver se eles são úteis para um determinado setor industrial. Por definição, uma TS não é madura o suficiente para ser harmonizada no âmbito das diretivas europeias.

Esta TS é para fabricantes e integradores de robôs. Os robôs UR estão em conformidade com as peças que são relevantes para os robôs primários em si e o integrador pode optar por usar o TS ao integrar os robôs.

Este TS apresenta requisitos voluntários e orientações que são complementares às normas ISO 10218 na área de robôs de colaboração. Além do texto principal, a TS inclui um anexo A, com uma tabela que apresenta sugestões para os limites de força e pressão, que são baseados na dor e **não** no ferimento. É importante ler e entender as notas sob esta tabela, pois muitos dos limites são baseados em estimativas conservadoras e em único estudo de literatura. Todos os números estão sujeitos a alterações no futuro, à medida que novos resultados de investigação científica ficam prontos. O Anexo A é uma parte informal e voluntária da TS e um integrador pode, portanto, afirmar o cumprimento das TS sem usar os valores-limite no Anexo A.

ANSI/RIA R15.06-2012

Industrial Robots and Robot Systems – Safety Requirements

Este padrão americano é as normas ISO, ISO 10218-1 e ISO 10218-2, combinadas em um único documento. O idioma é alterado de Inglês Britânico para Inglês Americano, mas o conteúdo é o mesmo.

Note que a segunda parte (ISO 10218-2) desta norma é destinada ao integrador do sistema de robô, e não à Universal Robots.

CAN/CSA-Z434-14

Industrial Robots and Robot Systems – General Safety Requirements

Este padrão canadense é as normas ISO, ISO 10218-1 (consulte acima) e -2, combinadas em um único documento. A CSA acrescentou requisitos adicionais para o usuário do sistema de robô. Alguns desses requisitos podem precisar ser abordados pelo integrador de robô.



Note que a segunda parte (ISO 10218-2) desta norma é destinada ao integrador do sistema de robô, e não à Universal Robots.

IEC 61000-6-2:2005**IEC 61000-6-4/A1:2010****EN 61000-6-2:2005 [2004/108/EC]****EN 61000-6-4/A1:2011 [2004/108/CE]**

Electromagnetic compatibility (EMC)

Part 6-2: Generic standards - Immunity for industrial environments

Part 6-4: Generic standards - Emission standard for industrial environments

Essas normas definem requisitos para os distúrbios elétricos e eletromagnéticos. Em conformidade com esses padrões, ela assegura que os robôs da UR tenham bom desempenho em ambientes industriais e que não perturbem outros equipamentos.

IEC 61326-3-1:2008**EN 61326-3-1:2008**

Electrical equipment for measurement, control and laboratory use - EMC requirements

Part 3-1: Immunity requirements for safety-related systems and for equipment intended to perform safety-related functions (functional safety) - General industrial applications

Esta norma define os requisitos de imunidade EMC estendidos para funções relacionadas à segurança. Em conformidade com essa norma, ela garante que as funções de segurança dos robôs da UR proporcionam segurança, mesmo se outros equipamentos excederem os limites de emissão EMC definidos nas normas IEC 61000.

IEC 61131-2:2007 (E)**EN 61131-2:2007 [2004/108/EC]**

Programmable controllers

Part 2: Equipment requirements and tests

As E/Ss de 24V normais e classificadas por segurança são construídas de acordo com os requisitos desta norma para garantir uma comunicação confiável com outros sistemas PLC.

ISO 14118:2000 (E)**EN 1037/A1:2008 [2006/42/EC]**

Safety of machinery – Prevention of unexpected start-up

Estas duas normas são muito semelhantes. Elas definem os princípios de segurança para evitar um início inesperado, como resultado da religação não intencional durante a manutenção ou reparo, e como resultado dos comandos de início não intencionais partindo de uma perspectiva de controle.

IEC 60947-5-5/A1:2005**EN 60947-5-5/A11:2013 [2006/42/EC]**

Low-voltage switchgear and controlgear

Part 5-5: Control circuit devices and switching elements - Electrical emergency stop device with mechanical latching function

A ação de abertura direta e o mecanismo de trava de segurança do botão de parada de emergência em conformidade com os requisitos desta norma.

IEC 60529:2013

EN 60529/A2:2013

Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

Esta norma define classificações de gabinete em relação à proteção contra poeira e água. Os robôs da UR são projetados e classificados com um código IP de acordo com esse padrão, consulte a etiqueta do robô.

IEC 60320-1/A1:2007

IEC 60320-1:2015

EN 60320-1/A1:2007 [2006/95/EC]

EN 60320-1:2015

Appliance couplers for household and similar general purposes

Part 1: General requirements

O cabo de entrada de alimentação está em conformidade com esta norma.

ISO 9409-1:2004 [Tipo 50-4-M6]

Manipulating industrial robots – Mechanical interfaces

Part 1: Plates

O flange de ferramenta nos robôs da UR está de acordo com tipo 50-4-M6 desta norma. As ferramentas do robô também devem ser construídas de acordo com essa norma para garantir a instalação adequada.

ISO 13732-1:2006

EN ISO 13732-1:2008 [2006/42/CE]

Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces

Part 1: Hot surfaces

Os robôs da UR são projetados de modo que a temperatura da superfície seja mantida sob os limites ergonômicos definidos nesta norma.

IEC 61140/A1:2004

EN 61140/A1:2006 [2006/95/EC]

Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment

Os robôs da UR são construídos em conformidade com esta norma para fornecer proteção contra choque elétrico. Uma conexão fio terra / terra de proteção é obrigatório, conforme definido no Manual de Instalação de Hardware.

IEC 60068-2-1:2007
IEC 60068-2-2:2007
IEC 60068-2-27:2008
IEC 60068-2-64:2008
EN 60068-2-1:2007
EN 60068-2-2:2007
EN 60068-2-27:2009
EN 60068-2-64:2008

Environmental testing

Part 2-1: Tests - Test A: Cold

Part 2-2: Tests - Test B: Dry heat

Part 2-27: Tests - Test Ea and guidance: Shock

Part 2-64: Tests - Test Fh: Vibration, broadband random and guidance

Os robôs da UR são testados de acordo com os métodos de teste definidos nestas normas.

IEC 61784-3:2010
EN 61784-3:2010 [SIL 2]

Industrial communication networks – Profiles

Part 3: Functional safety fieldbuses – General rules and profile definitions

Esta norma define os requisitos para barramentos de comunicação com classificação de segurança.

IEC 60204-1/A1:2008
EN 60204-1/A1:2009 [2006/42/EC]

Safety of machinery – Electrical equipment of machines

Part 1: General requirements

Os princípios gerais deste padrão são aplicados.

IEC 60664-1:2007
IEC 60664-5:2007
EN 60664-1:2007 [2006/95/EC]
EN 60664-5:2007

Insulation coordination for equipment within low-voltage systems

Part 1: Principles, requirements and tests

Part 5: Comprehensive method for determining clearances and creepage distances equal to or less than 2 mm

O circuito elétrico dos robôs da UR é projetado em conformidade com esta norma.

EUROMAP 67:2015, V1.11

Electrical Interface between Injection Molding Machine and Handling Device / Robot

Os robôs da UR são equipados com o módulo de acessório E67 para as máquinas de modelagem da injeção da interface estarem em conformidade com esta norma.

D Especificações técnicas

| | |
|---|--|
| Tipo de robô | UR5 |
| Peso | 18.4 kg / 40.6 lb |
| Carga útil máxima (consulte a seção 4.4) | 5 kg / 11 lb |
| Alcance | 850 mm / 33.5 in |
| Amplitude das articulações | ± 360 ° para todas as articulações |
| Velocidade | Articulações: Máx. 180 %s. Ferramenta: Aprox. 1 m/s / Aprox. 39.4 in/s. |
| Repetibilidade | ± 0.1 mm / ± 0.0039 in (4 mils) |
| Requisitos de espaço | Ø149 mm / 5.9 in |
| Graus de liberdade | 6 articulações giratórias |
| Tamanho da caixa de controle (W × H × D) | 475 mm × 423 mm × 268 mm / 18.7 in × 16.7 in × 10.6 in |
| Portas de E/S da caixa de controle | 16 entradas digitais, 16 saídas digitais, 2 entradas analógicas, 2 saídas analógicas |
| Portas de E/S da ferramenta | 2 entradas digitais, 2 saídas digitais, 2 entradas analógicas |
| Fonte de alimentação de E/S | 24 V 2 A na caixa de controle e 12 V/24 V 600 mA na ferramenta |
| Comunicação | TCP/IP 100 Mbit: IEEE 802.3u, 100BASE-TX Soquete Ethernet, modbus TCP & Adaptador EtherNet/IP, Profi-net |
| Programação | Interface gráfica do usuário PolyScope em tela touchscreen de 12" |
| Ruído | 72 dB(A) |
| Classificação IP | IP54 |
| Classificação de salas limpas | Braço robótico: ISO Classe 5 Caixa de controle: ISO Classe 6 |
| Consumo de energia | Aprox. 200 W usando um programa típico |
| Operação de colaboração | 15 funções de segurança avançadas. Em conformidade com: EN ISO 13849-1:2008, PLd e EN ISO 10218-1:2011, cláusula 5.10.5 |
| Materiais | Alumínio, plástico PP |
| Temperatura | O robô pode trabalhar em um intervalo de temperatura ambiente de 0-50 °C |
| Fonte de alimentação | 100-240 VAC, 50-60 Hz |
| Cabeamento | Cabo entre o robô e a caixa de controle (6 m / 236 in) Cabo entre a tela touchscreen e a caixa de controle (4.5 m / 177 in) |

E Safety Functions Tables

E.1 Table 1

Table 1: Safety Function (SF) Descriptions NOTE: all safety functions are individual safety functions

| TUV NORD Certified SF | Internal? | Safety Function | Description | What is controlled? |
|-----------------------|----------------------------|--|---|---------------------|
| SF0 | Internal | Emergency Stop 1, 2, 3, 4 <i>There are two Emergency Stop safety functions</i> | Pressing Estop on the Teach Pendant ¹ or the External Estop (if using the Estop Safety Input configured for Estop) results in both a Cat 0 & a Cat 1 stop according to IEC 60204-1 (NFPA79) ³ . These are SF0 and SF1, respectively. <ul style="list-style-type: none"> • SF0: 524ms timer setting in each safety controller's microprocessor. At the end of the 524ms, Cat 0 stop³ (IEC 60204-1) is initiated by each microprocessor. • SF1: Command⁴ all joints and power to stop. This is a Cat 1 stop³ per IEC 60204-1. • The stopping times⁴ of the SF0 and SF1 Estop safety functions differ. • SF0 has a functional safety rating of PLd Cat3 which stops power immediately with a worst-case scenario stopping time of 1250ms, even if all joint monitoring failed at the same time and the robot is at maximum speed after 524ms. • SF1 has a safety rating of PLd Cat2 (see page 6) with a maximum stop time of 300ms for UR3 and 400ms for UR5/UR10. See the User Manual for more information. The stop time can be reduced by the application's safety limit (SF3, 4, 6, 7, 8, 9) settings and the stop times provided in the User Manual. | Robot Arm |
| SF1 | | | | |
| SF2 | Logic and outputs INTERNAL | Safeguard Stop (Protective Stop) | This safety function is initiated by an external protective device using safety inputs which initiates a Cat 2 stop ³ per IEC 60204-1. <i>For the safety rating of the completely integrated safety function, add the PFHd of the external protective device to the PFHd of SF2. If a PLd Cat3 stop is needed for protective devices, connect the protective device and configure the input as if it were an external Estop input (See SF0).</i> | Robot Arm |
| SF3 | Internal | Joint Position Limit (soft axis limiting) | Exceeding the Joint Position limit results in a Cat 0 stop ⁵ (IEC 60204-1). Each joint can have its own limit. <i>Limits the set of allowed Joint Positions that the joints can move to. It is set directly in the safety setup part of the UI where you can enter values. It is a means of safety-rated soft axis limiting and space limiting, according to ISO 10218-1:2011, 5.12.3.</i> | Joint (each) |
| SF4 | Internal | Joint Speed Limit | Exceeding a Joint Speed limit results in a Cat 0 stop ⁵ per IEC 60204-1. Each joint can have its own limit. | Joint (each) |

¹ Communications between the Teach Pendant, controller, & the robot arm (between joints) are SIL 2, according to IEC 61784-3. Any failure will be detected within 16ms. See [NOTES](#)

² **Estop validation:** The Estop button is evaluated within the Teach Pendant, then communicated¹ to the safety controller by SIL2. To validate the Teach Pendant Estop functions, press the Estop button and verify an Estop results. See Estop Output for information about Estop I/O.

³ **Stop Categories** according to IEC 60204-1 (NFPA79)

- **Category 0 and 1** result in the removal of drive power, with Cat 0 being IMMEDIATE and Cat 1 being a controlled stop (decelerate, then power removal). Estop is either Cat 0 or Cat 1. As an exception, Estop can result in a Cat 2 stop.
- **Category 2** is a stop where drive power is NOT removed. Category 2 stop specifications are defined in IEC 60204-1, while SS1 and SS2 are defined IEC 61800-5-2.

⁴ **Emergency Stop response time:** Selecting Estop results in having both PLd Cat 2 and PLd Cat 3 Estops. It is an integration decision whether the PLd Cat2 or PLd Cat3 response time is used for calculating the stopping distance. Typically, the protective stop stopping time is intended for protective purposes.

⁵ **Stop Categories** according to IEC 60204-1 (NFPA79)

- **Category 0 and 1** The drive power is removed, with Cat 0 being IMMEDIATE and Cat 1 being a controlled stop (decelerate, then power removal). Estop must be either Cat 0 or Cat 1.
- **Category 2** The drive power is NOT removed. Category 2 stop specifications are defined in IEC 60204-1, while SS1 and SS2 are defined IEC 61800-5-2.



| TUV NORD Certified SF | Internal? | Safety Function | Description | What is controlled? |
|-----------------------|--|---------------------------------------|--|---|
| | | | Limits the set of allowed Joint Speeds. It is in the Teach Pendant's safety setup where you can enter values. It can be used to limit fast joint movements, for instance to limit risks related to singularities. | |
| SF5 | Internal | Joint Torque Limit | Exceeding the joint torque limit results in a Cat 0 stop ⁵ (per IEC 60204-1). This is not accessible to the user as it is a factory setting, part of the force limiting safety function. | Joint (each) |
| SF6 | Internal | TCP Pose Limit | Monitors the TCP position and orientation. Any violation of a safety plane or TCP Pose Limit results in a Cat 0 stop ⁵ (IEC 60204-1). <i>This safety function consists of two parts: (1) The safety planes which limit the possible TCP positions by providing TCP inclusion/exclusion zones, and (2) The TCP orientation limit, which has an allowed direction and a tolerance. When a limit (plane or TCP pose) is violated, a Cat 0 stop is initiated.</i> | TCP |
| SF7 | Internal | TCP Speed Limit | Exceeding the TCP speed limit results in a Cat 0 stop ⁵ (IEC 60204-1). | TCP |
| SF8 | Internal | TCP Force Limit | Exceeding the TCP force limit results in a Cat 0 stop ⁵ (IEC 60204-1). <i>Limits the external clamping force exerted by the robot. See also Joint Torque Limit (SF5).</i> | TCP |
| SF9 | Internal | Momentum Limit | Exceeding the Momentum Limit results in a Cat 0 stop ⁵ (IEC 60204-1). <i>The Momentum Limit is useful for limiting transient impacts and affects the entire robot arm.</i> | Robot Arm |
| SF10 | Internal | Power Limit | Exceeding the Power Limit results in a Cat 0 stop ⁵ (IEC 60204-1). <i>This function monitors the mechanical work (sum of joint torques times joint angular speeds) performed by the robot. This affects the current to, and the speed of, the robot arm. This function dynamically limits the current/torque but maintain the speed.</i> | Robot Arm |
| SF11 | Internal as a function with dual outputs | UR Robot Estop Output | When configured for Estop output and there is an Estop condition (see SF1), the dual outputs are LOW. If there is no Estop condition, dual outputs are HIGH. Pulses are not used but are tolerated. <i>For the integrated functional safety rating with an external Estop device, add the PFHd of the UR Estop function (SF0 or SF1) to the PFHd of the external logic (if any) and its components (e.g. Estop pushbutton).⁶</i> | External connection to logic &/or equipment |
| SF12 | Internal as a function with dual outputs | UR Robot Moving: Digital Output | Whenever the robot is moving, the dual Digital Outputs are LOW. Outputs are HIGH when the robot is not moving. <i>The functional safety rating is for inside the robot. The integrated functional safety performance requires adding this PFHd to the PFHd of the external logic (if any) and its components.</i> | External connection to logic &/or equipment |
| SF13 | Internal as a function with dual outputs | UR Robot Not stopping: Digital Output | Whenever the robot is STOPPING (i.e., in the process of stopping or in a stand-still condition) the dual Digital Outputs are HIGH. When outputs are LOW, robot is NOT in the process or stopping and NOT in a stand-still condition. <i>The functional safety rating is for inside the robot. The integrated functional safety performance requires adding this PFHd to the PFHd of the external logic (if any) and its components.</i> | External connection to logic &/or equipment |
| SF14 | Internal as a function with dual outputs | UR Robot Reduced Mode: Digital Output | Whenever the robot is in Reduced Mode , the dual Digital Outputs are LOW. See Robot Reduced Mode below. <i>The functional safety rating is for inside the robot. The integrated functional safety performance requires adding this PFHd to the PFHd of the external logic (if any) and its components.</i> | External connection to logic &/or equipment |
| SF15 | Internal as a function with dual outputs | UR Robot Not Reduced Mode: | Whenever the robot is NOT in Reduced Mode, the dual Digital Outputs are LOW. <i>The functional safety rating is for what is within the UR robot. The integrated functional safety performance requires adding this PFHd to the PFHd of the external logic (if any) and its components.</i> | External connection to logic &/or equipment |

⁶ **Estop validation:** The Estop button is evaluated in the Teach Pendant, then communicated⁴ to the safety controller by SIL2 communications. See Communications and Safety Functions on page 10. To validate the Estop function, press the Teach Pendant Estop button and verify an Estop results. See footnote 13. The connection from the Teach Pendant to the safety controller is by safety communications according to SIL 2 (See page 10). See Estop Output for information about Estop I/O.

| TUV NORD Certified SF | Internal? | Safety Function | Description | What is controlled? |
|-----------------------|---|--------------------------------------|---|---------------------|
| | | Digital Output | | |
| Robot Reduced Mode | Internal Logic and Outputs, with Dual Inputs (1 through 4) | Reduced Mode Input | Reduced Mode is initiated by a safety plane/boundary (starting at 2cm of the plane) or by use of an input to initiate (will achieve reduced settings within 500ms). When the external connections are LOW, Reduced Mode is initiated. Reduced Mode means that ALL Reduced Mode limits are ACTIVE. <i>Reduced Mode is not a safety function, rather it is a state affecting the settings of the following safety function limits: SF3 Joint Position, SF4 Joint Speed, SF6 TCP pose limit, SF7 TCP speed, SF8 TCP force, SF9 Momentum, and SF10 power.</i> | Robot Arm |
| Safeguard Reset | Internal Logic and Outputs, with Dual Inputs (1 through 4) | Safeguard Reset Input | When configured for Safeguard Reset and the external connections transition from LOW to HIGH, the safeguard stop RESETS. Safety input to initiate a reset of safeguard stop safety function SF2. | Robot |
| Enabling Device | External Enabling Device as input to UR Robot logic | Three-Position Enabling Device INPUT | When the external Enabling Device connections are LOW, a Safeguard Stop (SF2) is initiated. Recommendation: Use with a mode switch as a safety input. If a mode switch is not used and connected to the safety inputs, then the robot mode will be determined by the Teach Pendant. If the Teach Pendant is in Run Mode—the enabling device will not be active. <ul style="list-style-type: none"> Programming Mode—the enabling device will be active. Password protection is available to change modes. | Robot |
| Mode Selection | External Mode Switch using dual Inputs (1 through 4) and internal logic | Mode Switch INPUT | When the external connections are LOW, Operation Mode (running) is in effect. When HIGH, it is Programming or Teach Mode. Must be used with an Enabling Device as a safety input. When in Teach/Program Mode, the switch inputs are HIGH, and enabling device is required. When in Teach/Program Mode, the TCP Speed is limited to 250mm/s. The speed can be increased using the Teach Pendant “speed-slider,” but upon activating the enabling device, the speed limit resets to 250mm/s. | Robot |

E.2 Table 2

Table 2: Compliance and ISO 13849-1 Functional Safety Information ^{7, 8}

| TUV NORD Certified SF | Safety Function | Limits or USER configuration or Factory Setting | Stop Category per IEC 60204-1 ⁹ | IEC 61800-5-2 Stop: power to switching devices retained for Category 2 Stop | PL | Cat | PFHd UR 3/5/10 |
|-----------------------|---|---|---|---|----|-----|-------------------------------|
| SF0 | Emergency Stop ^{8, 9, 10, 11, 12, 13, 14} <i>There are two separate Emergency Stop safety functions: SF0 and SF1</i> | No | Cat 1 Stop 524ms time-delay before Cat 0 Stop is initiated | NA | d | 3 | 4.38E-8 See ¹⁰ |
| SF1 | Emergency Stop ^{11, 13, 14} <i>There are two safety functions: SF0 & SF1</i> | No | Cat 1 Stop when at SS1 standstill, Cat 0 Stop initiated | SS1 ¹⁵ when at SS1 standstill, Cat 0 Stop initiated | d | 2 | 3.16E-07 See ¹⁰ |
| SF2 | Safeguard Stop (Protective Stop) | No | Cat 2 | SS2 ¹⁶ | d | 2 | 3.15E-07 |

⁷ All safety functions are individual safety functions.

⁸ **MTTFd is limited to 100 years by ISO 13849-1.** The actual MTTFd values are greater than 100 years. **For all safety functions, the DCavg is 90%.**

⁹ **Stop Categories according to IEC 60204-1 (NFPA79).**

- **Category 0 and 1** result in the removal of drive power, with Cat 0 being IMMEDIATE and Cat 1 being a controlled stop before removal of power. Estop is either Cat 0 or Cat 1.
- **Category 2** is a stop where drive power is NOT removed. For Category 2 stops, specifications are defined in IEC 60204-1, while SS1 and SS2 are defined IEC 61800-5-2.

¹⁰ **Emergency stop safety functions:** MTTFd, DCavg and PFHd uses fault exclusion in accordance with ISO 13849-1 due to use of direct acting contacts. If fault exclusion were **not** used, then the PFHd values would be: **SF0:** 1.60E-07; **SF1:** 4.27E-07; **SF11:** 1.56E-07.

¹¹ **Emergency stop components and safety function** complies with IEC 60204-1, IEC 60947-5-1 (direct acting contacts), ISO 13850 and ISO 13849-1.

¹² **Communications between the Teach Pendant and the controller, as well as within the robot arm & between joints are SIL 2** for safety data, according to IEC 61784-3. Any failure will be detected within 16ms. See Communications and Safety Functions on page [10](#).

¹³ **Estop validation:** The Teach Pendant Estop button is evaluated in the Teach Pendant, then communicated¹ to the safety controller by SIL2 communications. To validate the Teach Pendant Estop function, press the Teach Pendant Estop button and verify an Estop results. See Estop Output for information about Estop I/O.

¹⁴ **Emergency Stop response time:** From a Teach Pendant standpoint, selecting Estop results in having both the PLd Cat 2 and PLd Cat 3 Estop. It is an integration decision whether the PLd Cat2 or PLd Cat3 response time is used to calculate the stopping distance.

¹⁵ **SS1 (Safe Stop 1)** according to IEC 615800-5-2

- a) Initiates and controls the motor deceleration rate within set limits to stop the motor and initiates the STO function when the motor speed is below a specified limit; or
- b) Initiates and monitors the motor deceleration rate within set limits to stop the motor and initiates the STO function when the motor speed is below a specified limit; or
- c) Initiates the motor deceleration and initiates the STO function after an application specific time delay.

NOTE: This safety function corresponds to a controlled stop in accordance with stop category 1 of IEC 60204-1.

¹⁶ **SS2 (Safe Stop 2)** according to IEC 615800-5-2

- a) Initiates and controls the motor deceleration rate within set limits to stop the motor and initiates the safe operating stop function when the motor speed is below a specified limit; OR

E.2 Table 2

| TUV NORD Certified SF | Safety Function | Limits or USER configuration or Factory Setting | Stop Category per IEC 60204-1 ⁹ | IEC 61800-5-2 Stop: power to switching devices retained for Category 2 Stop | PL | Cat | PFHd UR 3/5/10 |
|-----------------------|-------------------|---|--|---|----|-----|----------------|
| Mode Selection | Mode switch INPUT | Input & I/O Configuration | Cat 2 | SS2 ¹⁸ | d | 2 | 3.15E-07 |

NOTES:

All safety functions are individual safety functions. The UR safety controller has two microprocessors for monitoring incoming inputs, logic, and communications.

Stopping times of the SF0 and SF1 Emergency Stop safety functions:

SF0 has a functional safety rating of PLd Cat3. This means the worst-case stopping time is 1250ms, even if all joint safety monitoring failed at the same time, at full speed, and after 524ms.

SF1 has a functional safety rating of PLd Cat2 with a maximum stop time of approximately 300ms for UR3 and 400ms for UR5/UR10 (see the User Manual for information). The application stop time can be reduced depending on the application's safety limits (SF3, 4, 6, 7, 8, 9, 10) settings and the use of the stop time information provided in the manual. *From a Teach Pendant standpoint, selecting Estop results in having both a PLd Cat 2 and PLd Cat 3 Estop.*

SF2 has a functional safety rating of PLd Cat2 with a reliable (see functional safety information) and realistic maximum stop time of approximately 300ms for UR3 and 400ms for UR5/UR10. See the User Manual for specific information. The application stop time can be reduced depending on the application's safety limits (SF3, 4, 6, 7, 8, 9, 10) settings and the use of the stop time information provided in the manual.

It is an integration decision whether the Protective Stop (PLd Cat2) or the Emergency Stop (PLd Cat3) response time is to be used for the calculation of the stopping distance. Since the Emergency Stop is not considered a safeguard, it is typically recommended to use the Safeguard Stop (Protective Stop) stopping time.

Communications and Safety Functions:

Communications between the Teach Pendant and the controller, as well as within the robot arm & between joints are SIL 2 for safety data, according to IEC 61784-3. Any failure will be detected within 16ms. Some diagnostics require filtering of data to avoid false positives. In these cases, the detection of a fault can range from 8 to 25ms. Depending on the safety function and its diagnostics, fault detection is between 16ms and 33ms. It is recommended to use 33ms, due to the detection variability.



Copyright © 2009–2018 da Universal Robots A/S. Todos os direitos reservados.

Parte II

Manual do PolyScope

10 Configuração de Segurança

10.1 Introdução

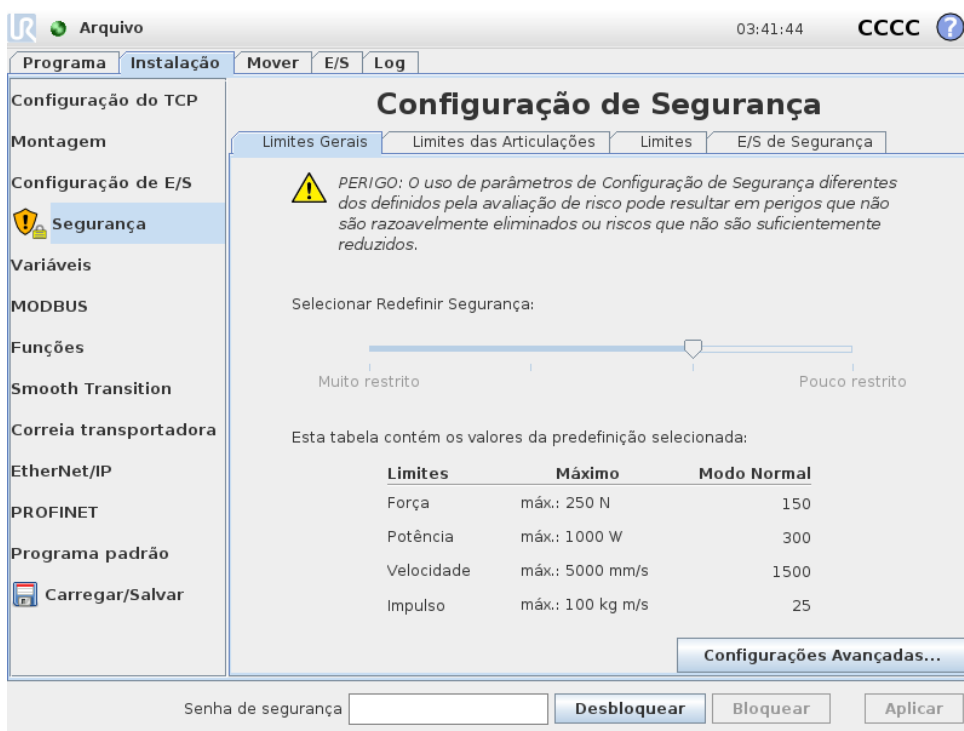
O robô é equipado com um sistema de segurança avançado. Dependendo das características particulares da área de trabalho do robô, as configurações de segurança do sistema devem ser definidas para garantir a segurança de todo o pessoal e dos equipamentos ao redor do robô. Aplicar as configurações definidas pela avaliação de risco é a primeira ação que o integrador deve realizar. Para obter detalhes sobre o sistema de segurança, consulte o Manual de Instalação de Hardware.



PERIGO:

1. O uso e a configuração de interface e funções relacionadas à segurança devem ser efetuados de acordo com a avaliação de risco que o integrador realiza para uma aplicação de robô específica, consulte Manual de Instalação de Hardware.
2. As definições de configuração de segurança para ajuste e ensino devem ser aplicadas de acordo com a avaliação de risco realizada pelo integrador e antes do braço do robô ser ligado pela primeira vez.
3. Todas as definições de configuração de segurança acessíveis nesta tela e suas subguias devem ser definidas de acordo com a avaliação de risco realizada pelo integrador.
4. O integrador deve garantir que todas as alterações nas definições de configuração de segurança sejam feitas em conformidade com a avaliação de risco do próprio integrador.
5. O integrador deve impedir que pessoas não autorizadas alterem a configuração de segurança, por exemplo, usando a proteção por senha.

A tela Configuração de Segurança pode ser acessada a partir da tela de Boas-vindas (consulte 11.4) pressionando o botão Robô do Programa, selecionando a guia Instalação e tocando em Segurança. A configuração de segurança é protegida por senha, consulte 10.8.



As configurações de segurança consistem em uma série de valores-limite usados para restringir os movimentos do braço do robô, além de definições da função de segurança para as entradas e saídas configuráveis. Elas são definidas nas seguintes subguias na tela de segurança:

- A subguia *Limites Gerais* define a máxima *força*, *potência*, *velocidade* e *impulso* do braço do robô. Quando o risco de colisão com um ser humano ou com objetos em seu entorno é particularmente elevado, essas configurações precisam ser definidas com valores baixos. Se o risco é baixo, os limites gerais mais elevados permitem que o robô se mova mais rápido e exerça mais força em seu ambiente. Para obter mais detalhes, consulte 10.10.
- A subguia *Limites das Articulações* faz alusão aos limites de *velocidade* e *posição da articulação*. Os limites de *velocidade da articulação* definem a velocidade angular máxima de cada articulação e serve para limitar a velocidade do braço do robô. Os limites de *posição da articulação* definem a amplitude da posição permitida de cada articulação (no espaço articular). Para obter mais detalhes, consulte 10.11.
- A subguia *Limites* define os planos de segurança (no plano cartesiano) e os limites de orientação da ferramenta do TCP do robô. Os planos de segurança podem ser configurados como limites estritos para a posição do TCP do robô ou acionadores para ativar os limites de segurança de modo *Reduzido* (consulte 10.6)). O limite de orientação da ferramenta determina um limite estrito na orientação do TCP do robô. Para obter mais detalhes, consulte 10.12.
- A subguia *E/S de Segurança* define as funções de segurança das entradas e saídas. (consulte 13.2). Por exemplo, a *Parada de Emergência* pode ser configurada como entrada. Para obter mais detalhes, consulte 10.13.

10.2 Alterando a Configuração de Segurança



As definições de configuração de segurança devem ser alteradas somente em conformidade com a avaliação de risco realizada pelo integrador.

O procedimento recomendado para mudar a configuração de segurança é o seguinte:

1. Certifique-se de que as alterações estejam em conformidade com a avaliação de risco realizada pelo integrador.
2. Ajuste as configurações de segurança para o nível apropriado definido pela avaliação de risco realizada pelo integrador.
3. Verifique se as configurações de segurança estão aplicadas.
4. Coloque o seguinte texto nos manuais dos operadores: “Antes de trabalhar perto do robô, certifique-se de que a configuração de segurança seja conforme o esperado. Isto pode ser verificado, por exemplo, inspecionando a soma de verificação no canto superior direito da PolyScope (consulte 10.5 no Manual do PolyScope).”

10.3 Sincronização de Segurança e Erros

O estado da configuração de segurança aplicada em comparação com qual instalação de robô a GUI foi carregada é representado pelo ícone de escudo ao lado do texto *Segurança* no lado esquerdo da tela. Estes ícones fornecem um indicador rápido para o estado atual. Eles são definidos a seguir:

-  *Configuração Sincronizada*: Mostra que a instalação da GUI é idêntica à configuração de segurança atualmente em vigor. Nenhuma alteração foi feita.
-  *Configuração Alterada*: Mostra que a instalação da GUI é diferente da configuração de segurança atualmente em vigor.

Ao editar a configuração de segurança, o ícone de escudo irá informá-lo se as configurações atuais foram aplicadas ou não.

Se qualquer um dos campos de texto na guia *Segurança* contiver qualquer entrada inválida, a configuração de segurança estará em um estado de erro. Isto é indicado de várias formas:

1. Um ícone de erro vermelho é exibido ao lado do texto *Segurança* no lado esquerdo da tela.
2. A(s) subguia(s) com erros é(são) marcada(s) com um ícone de erro vermelho no topo.
3. Os campos de texto contendo erros são marcados com um fundo vermelho.

Quando existem erros e tenta-se sair da guia *Instalação*, aparece uma caixa de diálogo com as seguintes opções:

1. Resolver o(s) problema(s) de modo que todos os erros sejam removidos. Isso será visível quando o ícone de erro vermelho não for mais exibido ao lado do texto *Segurança* no lado esquerdo da tela.
2. Reverter para a configuração de segurança aplicada anteriormente. Isso ignorará todas as alterações e permitirá que você continue até o destino desejado.

Se não existirem erros e tenta-se navegar para longe, um diálogo diferente aparece com as seguintes opções:

1. Aplicar as alterações e reiniciar o sistema. Isto aplicará as modificações de configuração de segurança ao sistema e o reiniciará. Nota: Isto não implica que todas as alterações foram salvas; o desligamento do robô neste ponto fará com que todas as alterações à instalação do robô sejam perdidas, incluindo a Configuração de Segurança.

2. Reverter para a configuração de segurança aplicada anteriormente. Isso ignorará todas as alterações e permitirá que você continue até o destino selecionado desejado.

10.4 Tolerâncias

O *Braço do Robô* utiliza tolerâncias incorporadas que previnem violações de segurança. Uma tolerância de segurança é a diferença entre um limite de segurança e um valor operacional máximo. Por exemplo, a tolerância de velocidade geral é de -150mm/s . Isso significa que se o usuário configurar um limite de velocidade de 250mm/s , então a velocidade operacional máxima será de $250 - 150 = 100\text{mm/s}$. A tolerância de segurança previne as violações de segurança, permitindo oscilações no comportamento do programa. Por exemplo, ao manipular uma carga útil, pode haver situações em que o *Braço do Robô* precisa operar brevemente acima da velocidade operacional máxima normal, para seguir uma trajetória programada. Um exemplo dessa situação está representado na figura 10.1.



ALERTA:

Uma avaliação de risco é sempre necessária usando os valores-limite, sem tolerâncias.



ALERTA:

As tolerâncias são específicas para a versão do software. A atualização do software pode alterar as tolerâncias. Consulte as notas de versão para obter as mudanças entre as versões.

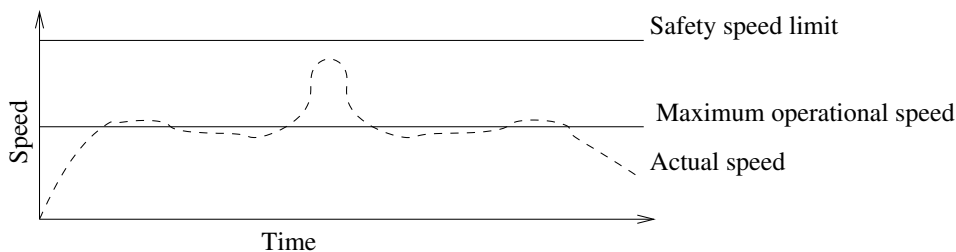


Figura 10.1: Exemplo de tolerância de segurança.

10.5 Soma de verificação do sistema

O texto no canto superior direito da tela oferece uma representação abreviada da configuração de segurança atualmente utilizada pelo robô. Quando o texto muda, isso indica que a configuração de segurança atual também foi alterada. Ao clicar sobre a soma de verificação, os detalhes sobre a configuração de segurança ativa atualmente são exibidos.

10.6 Modos de Segurança

Sob condições normais (isto é, quando nenhuma parada de proteção estiver em vigor), o sistema de segurança opera em um dos seguintes *modos de segurança*, com os quais um conjunto de limites de segurança é associado:

10.7 Modo de Condução Livre

Modo normal: O modo de segurança que está ativo por padrão;

Modo Reduzido: É ativado quando o TCP robô está posicionado além de um plano *Acionamento no Modo Reduzido* (consulte 10.12), ou quando acionado por uma entrada configurável (consulte 10.13).

Modo de Recuperação: Quando o braço do robô viola um dos outros modos (ou seja, modo *Normal* ou *Reduzido*) e tiver ocorrido uma Categoria de Parada 0,¹ o braço do robô será iniciado no modo de **Recuperação**. Este modo permite que o robô se movimente lentamente de volta para a área permitida usando a **Guia Move** ou **Condução Livre**. Não é possível executar programas para o robô neste modo.



ALERTA:

Note que os limites de *posição de articulação*, *posição TCP* e *orientação TCP* estão desativados no modo de *Recuperação*, por isso tome cuidado ao mover o braço do robô de volta aos limites.

As subguias da tela *Configuração de Segurança* permitem ao usuário definir conjuntos separados de limites de segurança para o modo *Normal* e *Reduzido*. Para a ferramenta e articulações, os limites do modo *Reduzido* com relação à velocidade e força devem ser mais restritivos do que suas contrapartes de modo *Normal*.

Quando um limite de segurança a partir do conjunto limite ativo é violado, o braço do robô executa uma Categoria de Parada 0. Se um limite de segurança ativo, como um limite de posição comum ou de uma fronteira de segurança, já estiver violado quando o braço do robô for ligado, ele começará a funcionar no modo de *Recuperação*. Isto faz com que seja possível deslocar o braço do robô para trás dentro dos limites de segurança. Enquanto que no modo de *Recuperação*, o movimento do braço do robô é limitado por um conjunto de limites fixos que não é personalizado pelo usuário. Para obter detalhes sobre os limites do modo de *Recuperação*, consulte no Manual de Instalação de Hardware.

10.7 Modo de Condução Livre

Quando estiver no Modo *Condução Livre* (consulte 13.1.5), e o movimento do braço do robô se aproximar de certos limites, o usuário sentirá uma força de repulsão. Esta força é gerada em relação aos limites de posição, orientação e velocidade do TCP do robô e aos limites de posição e velocidade das articulações.

O objetivo desta força de repulsão é informar ao usuário que a posição ou a velocidade atual está perto do limite e impedir que o robô exceda esse limite. No entanto, se for aplicada força ao braço do robô pelo usuário, o limite poderá ser violado. A magnitude da força aumentará à medida que o braço do robô se aproxima do limite.

10.7.1 Operação reversa

No modo *Condução Livre*, as articulações do robô podem ser movidas com relativamente pouca força porque os freios são liberados. Durante a inicialização do braço robótico, pequenas vibrações podem ser observadas quando os freios do robô são liberados. Em algumas situações, como quando o robô está perto de uma colisão, esses tremores são indesejáveis e o recurso *Operação*

¹De acordo com o IEC 60204-1, consulte o Glossário para obter mais detalhes.

reversa pode ser usado para forçar o movimento de articulações específicas para uma posição desejada sem libertar todos os freios no braço do robô.

Para habilitar a *Operação reversa*:

1. Pressione ON para ativar a energia para as articulações. O estado do robô é ajustado para “Em espera”. **Não** solte os freios (ou seja, não pressione INICIAR).
2. Pressione e segure o botão do *Condução Livre*. O estado do robô muda para “Operação reversa”.
3. Os freios só serão liberados em articulações onde uma pressão significativa é aplicada enquanto o botão *Condução Livre* estiver engatado/pressionado. Enquanto estiver usando *Operação reversa*, o robô fica pesado para se mover.

10.8 Senha de bloqueio

Todas as configurações nesta tela estarão bloqueadas até que a senha de segurança correta (consulte 15.3) seja digitada no campo de texto em branco na parte inferior da tela e o botão Desbloquear seja pressionado. A tela pode ser bloqueada novamente clicando no botão Bloquear. A guia Segurança é automaticamente bloqueada ao navegar fora da tela de configuração de segurança. Quando as definições estiverem bloqueadas, um ícone de cadeado estará visível ao lado do texto Segurança no lado esquerdo da tela. Um ícone de desbloqueio é mostrado quando as configurações são desbloqueadas.



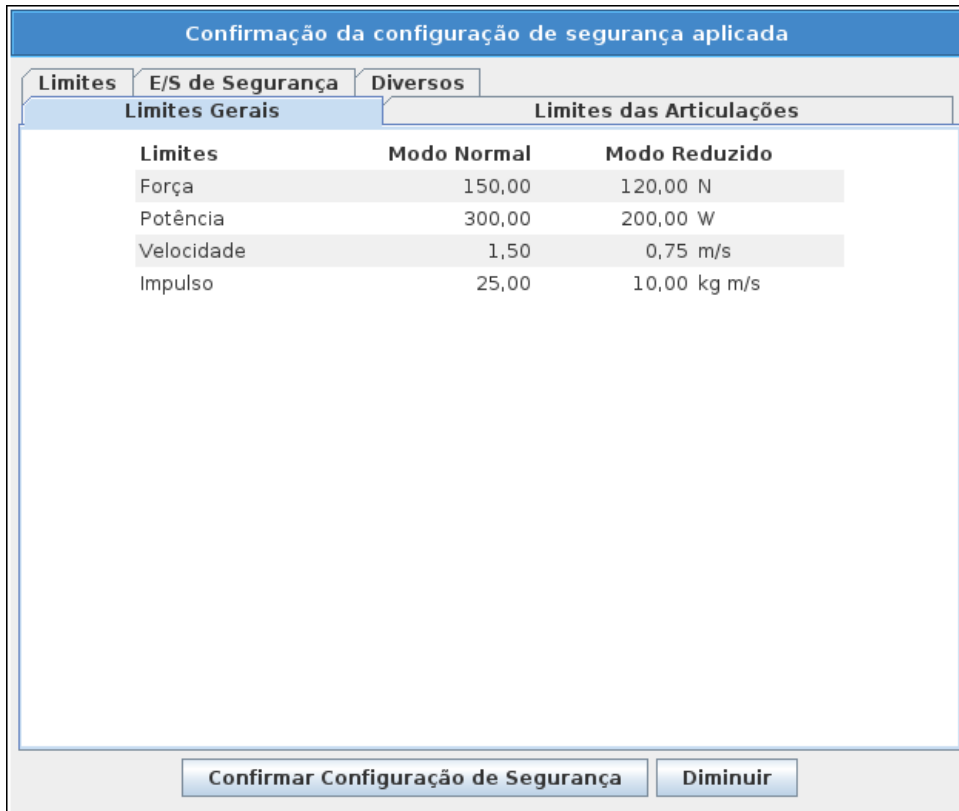
NOTA:

Note que o braço do robô é desligado quando a tela de Configuração de Segurança é desbloqueada.

10.9 Aplicar

Ao desbloquear a Configuração de Segurança, o braço do robô será desligado enquanto as mudanças estão sendo feitas. O braço do robô não pode ser ligado até que as alterações tenham sido aplicadas ou revertidas, e uma energia ligada manualmente seja fornecida na tela de inicialização.

Quaisquer alterações à Configuração de Segurança devem ser aplicadas ou revertidas, antes de sair da guia de Instalação. Estas alterações *não* estão em vigor até que o botão Aplicar seja pressionado e a confirmação seja realizada. A confirmação exige inspeção visual das alterações feitas ao braço do robô. Por razões de segurança, as informações mostradas são fornecidas em Unidades SI. Um exemplo de caixa de diálogo de confirmação é mostrado abaixo.



Além disso, na confirmação as alterações são salvas automaticamente como parte da instalação atual do robô. Consulte 13.5 para obter mais informações sobre como salvar a instalação do robô.

10.10 Limites Gerais

Os limites gerais de segurança servem para limitar a velocidade linear do TCP do robô, assim como a força exercida sobre o ambiente. Eles são compostos pelos seguintes valores:

Força: Limite máximo de força que o TCP do robô exerce no ambiente.

Potência: Limite máximo do trabalho mecânico produzido pelo robô no ambiente, considerando a carga útil como parte do robô e não do ambiente.

Velocidade: Limite máximo da velocidade linear do TCP do robô.

Impulso: Limite máximo do impulso do braço do robô.

Há duas maneiras para configurar os limites gerais de segurança durante a instalação: *Configurações Básicas* e *Configurações Avançadas*, que são descritas mais detalhadamente abaixo.

Definir os limites gerais de segurança define somente os limites para a ferramenta, e não os limites gerais do braço do robô. Isso significa que, embora o limite de velocidade seja especificado, isso *não* garante que as outras partes do braço de robô obedecerão a esta mesma limitação.

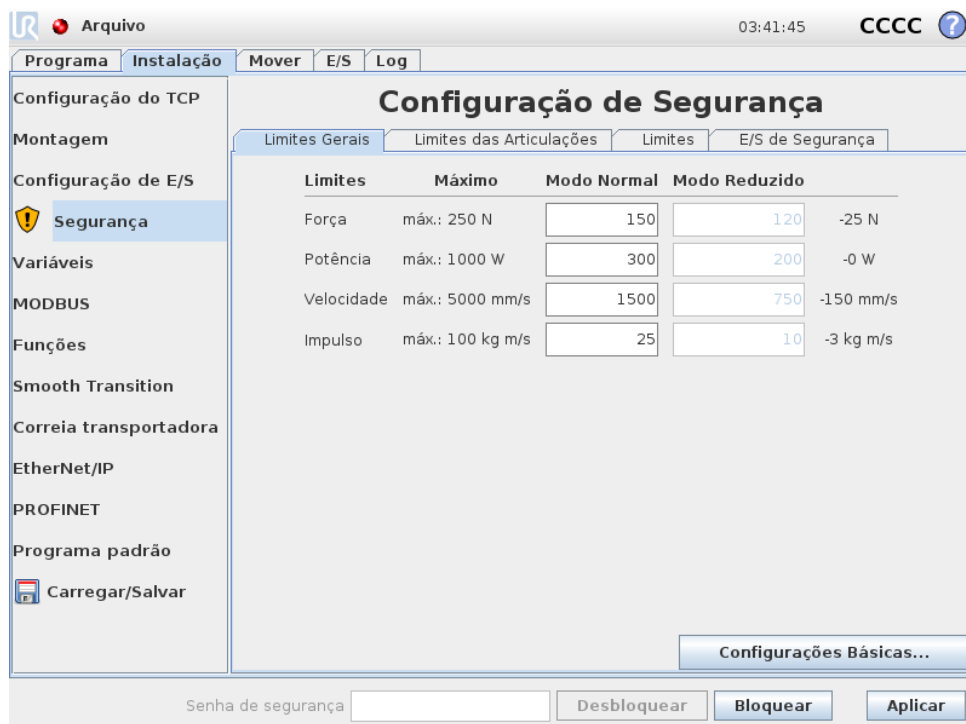
Quando estiver no Modo *Condução Livre* (consulte 13.1.5), e a velocidade atual da articulação do TCP do robô se aproxima do limite de *Velocidade*, o usuário irá sentir uma força de repulsão que aumenta em magnitude à medida que a velocidade se aproxima ao limite. A força é gerada quando a velocidade observada se aproxima a 250 /s do limite.

Configurações Básicas O subpainel inicial de limites gerais, exibido como tela padrão, possui um controle deslizante com quatro conjuntos de valores predefinidos para limites de força, potência, velocidade e impulso no modo *Normal* e no *Reduzido*.

Os conjuntos de valores específicos são exibidos na GUI. Os conjuntos de valores predefinidos são apenas sugestões e não devem substituir uma avaliação de risco adequada.

Alterar para Configurações Avançadas Caso *nenhum* dos conjuntos de valores predefinidos seja satisfatório, o botão *Configurações Avançadas . . .* pode ser pressionado para inserir a tela de limites gerais avançados.

Configurações Avançadas



Aqui, cada um dos limites gerais, descrito em 10.10, pode ser modificado de forma independente dos demais. Isso pode ser feito digitando o novo valor no campo de texto correspondente. O mais alto valor aceito de cada um dos limites está relacionado na coluna intitulada *Máximo*. O limite de força pode ser ajustado para um valor entre 100 N e 250 N, e o limite de energia pode ser ajustado para um valor entre 80 W e 1000 W.

Nota: Os campos dos limites no Modo *Reduzido* ficam desativados, dado que o plano de segurança e a entrada configurável não estão definidos para acioná-los (consulte 10.12 e 10.13 para obter mais detalhes). Além disso, os limites do Modo *Velocidade* e *Impulso*, no Modo *Reduzido*, não devem ser maiores que seus homólogos do Modo *Normal*.

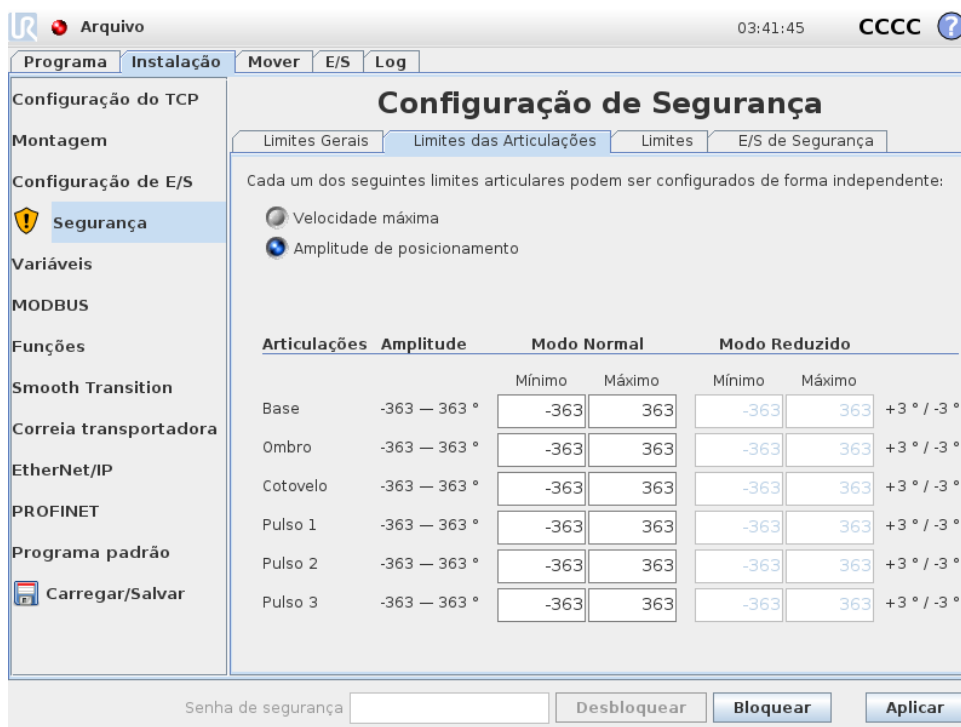
A tolerância e a unidade de cada limite estão listadas ao final de cada linha correspondente. Quando um programa está em execução, a velocidade do braço do robô é ajustada automaticamente para não exceder qualquer um dos valores inseridos menos a tolerância (consulte 10.4). Note que o sinal de menos exibido com o valor de tolerância existe apenas para indicar que a tolerância é subtraída do valor real inserido. O sistema de segurança realiza uma Categoria de Parada 0 caso o braço do robô exceda o limite (sem tolerância).

**ALERTA:**

O limite de velocidade se aplica apenas ao TCP robô, de modo que as demais partes do braço de robô podem se mover com velocidade superior ao valor definido.

Alterar para Configurações Básicas Ao pressionar o botão *Configurações Básicas...*, a tela dos limites gerais básicos volta a ser exibida e todos os limites gerais são redefinidos para o valor *Padrão*. Caso isso possa causar a perda de quaisquer valores personalizados, será exibida uma caixa de diálogo para que a ação seja confirmada.

10.11 Limites das Articulações



| Articulações | Amplitude | Modo Normal | | Modo Reduzido | | |
|--------------|--------------|-------------|--------|---------------|--------|-------------|
| | | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | |
| Base | -363 — 363 ° | -363 | 363 | -363 | 363 | +3 ° / -3 ° |
| Ombro | -363 — 363 ° | -363 | 363 | -363 | 363 | +3 ° / -3 ° |
| Cotovelo | -363 — 363 ° | -363 | 363 | -363 | 363 | +3 ° / -3 ° |
| Pulso 1 | -363 — 363 ° | -363 | 363 | -363 | 363 | +3 ° / -3 ° |
| Pulso 2 | -363 — 363 ° | -363 | 363 | -363 | 363 | +3 ° / -3 ° |
| Pulso 3 | -363 — 363 ° | -363 | 363 | -363 | 363 | +3 ° / -3 ° |

Os limites das articulações restringem o movimento de cada articulação no espaço, ou seja, eles não se referem ao plano cartesiano, mas sim à posição interna (rotação) das articulações e sua velocidade de rotação. Os botões de rádio, na parte superior do subpainel, possibilitam ajustar de forma independente a Velocidade Máxima e Amplitude de Posicionamento das articulações.

Quando estiver no Modo *Condução Livre* (consulte 13.1.5), e o posicionamento e a velocidade da articulação estão perto do limite, o usuário irá sentir uma força de repulsão que aumenta em magnitude à medida que a articulação se aproxima ao limite. A força é gerada quando a velocidade da articulação se aproxima a 20 °/s do limite de velocidade ou quando a posição da articulação está a aproximadamente 8 ° do limite.

Velocidade Máxima Esta opção define a velocidade angular máxima de cada articulação. Isso pode ser feito digitando o novo valor no campo de texto correspondente. O mais alto valor

aceito se encontra relacionado na coluna intitulada *Máximo*. Nenhum dos valores pode ser definido abaixo do valor de tolerância.

Observe que os campos dos limites no Modo *Reduzido* ficam desativados, dado que o plano de segurança e a entrada configurável não estão definidos para acioná-los (consulte 10.12 e 10.13 para obter mais detalhes). Além disso, os limites do Modo *Reduzido* não devem ser maiores que seus homólogos do Modo *Normal*.

A tolerância e a unidade de cada limite estão listadas ao final de cada linha correspondente. Quando um programa está em execução, a velocidade do braço do robô é ajustada automaticamente para não exceder qualquer um dos valores inseridos menos a tolerância (consulte 10.4). Note que o sinal de menos exibido com cada valor de tolerância existe apenas para indicar que a tolerância é subtraída do valor real inserido. No entanto, caso a velocidade angular de uma articulação exceda o valor inserido (sem tolerância), o sistema de segurança realiza uma Categoria de Parada 0.

Amplitude de Posicionamento Essa tela define a amplitude de posicionamento de cada articulação. Isso é feito com a digitação, nos campos de texto correspondente, dos novos valores dos limites de posicionamento superior e inferior da articulação. Os intervalos inseridos devem corresponder aos valores listados na coluna intitulada *Amplitude* e o limite inferior não excederá os limites superiores.

Nota: Os campos dos limites no Modo *Reduzido* ficam desativados, dado que o plano de segurança e a entrada configurável não estão definidos para acioná-los (consulte 10.12 e 10.13 para obter mais detalhes).

As tolerâncias e a unidade de cada limite estão listadas ao final de cada linha correspondente. O primeiro valor de tolerância aplicável ao valor mínimo e o segundo são aplicáveis ao valor máximo. A execução do programa é interrompida quando a posição de um conjunto está prestes a exceder a cobertura, resultado da adição da primeira tolerância ao valor mínimo inserido e subtraindo a segunda tolerância em relação ao valor máximo inserido, se continuar em movimento ao longo da trajetória predita. Note que o sinal de menos exibido com o valor de tolerância existe apenas para indicar que a tolerância é subtraída do valor real inserido. No entanto, caso a posição da articulação exceda o limite inserido, o sistema de segurança realiza uma Categoria de Parada 0.

10.12 Limites

Nesta guia, é possível configurar limites que consistem em planos de segurança e em um limite máximo de desvio de orientação da ferramenta do robô. Também é possível definir planos que acionam uma transição ao Modo *Reduzido*.

Os planos de segurança podem ser usados para restringir o espaço de trabalho permitido ao robô, garantindo que o TCP do robô fique no lado correto dos planos definidos sem ultrapassá-los. Podem ser configurados até oito planos de segurança. A restrição na orientação da ferramenta pode ser utilizada para assegurar que a orientação da ferramenta do robô não se desvie do valor da orientação determinado.

**ALERTA:**

Definir planos de segurança limita somente o TCP e não o limite global para o braço do robô. Isso significa que, embora o plano de segurança seja especificado, isso *não* garante que as outras partes do braço de robô obedecerão a esta restrição.

A configuração de cada limite tem como base um dos recursos definidos na instalação do robô em questão (consulte 13.12).

**NOTA:**

É altamente recomendável que você crie todos os recursos necessários para a configuração de todos os limites de bordas desejados e atribua-lhes nomes apropriados antes de editar a configuração de segurança. Note que uma vez que o braço do robô é desligado assim que a guia *Segurança* for desbloqueada, o recurso *Ferramenta* (contendo a posição e a orientação atuais do TCP do robô) e o modo *Condução Livre* (consulte 13.1.5) não estarão disponíveis.

Quando o Modo *Condução Livre* (consulte 13.1.5) e a posição atual do TCP do robô estiverem perto de um plano de segurança, ou quando o desvio de orientação da ferramenta do robô em relação à orientação desejada estiver próximo do desvio máximo especificado, o usuário sentirá uma força de repulsão que aumenta em magnitude conforme o TCP se aproxima do limite. A força é gerada quando o TCP está a aproximadamente 5 cm do plano de segurança, ou quando o desvio da orientação da ferramenta está a aproximadamente 3° do desvio máximo especificado.

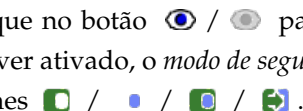

Quando o plano é definido pelo *Acionamento no Modo Reduzido* e o TCP ultrapassa esse limite, é feita a transição do sistema de segurança para o modo *Reduzido*, que se aplica às configurações de segurança do modo *Reduzido*. Os planos de acionamento seguem as mesmas regras dos planos de segurança convencionais, exceto pelo fato de que eles permitem que o braço do robô os ultrapasse.

10.12.1 Selecionar um limite a ser configurado


O painel *Limites de Segurança*, no lado esquerdo da guia, é usado para selecionar o limite a ser configurado.

Para configurar um plano de segurança, clique em uma das oito melhores entradas listadas no painel. Se o plano de segurança selecionado já tiver sido configurado, a representação 3D correspondente do plano será destacada na *Visualização 3D* (consulte 10.12.2) no lado direito desse painel. O plano de segurança pode ser ajustado na seção *Propriedades do Plano de Segurança* (consulte 10.12.3) na parte inferior da guia.

Clique na entrada *Limites da Ferramenta* para configurar o limite da orientação da ferramenta do robô. A configuração do limite pode ser especificada na seção *Propriedades de Limite da Ferramenta* (consulte 10.12.4), na parte inferior da guia.

Clique no botão  para ativar a visualização 3D do limite ligar/desligar. Se o limite estiver ativado, o *modo de segurança* (consulte 10.12.3 e 10.12.4) é indicado por um dos seguintes ícones .

10.12.2 Visualização 3D

A Visualização 3D exibe os planos de segurança configurados e o limite de orientação da ferramenta de robô junto com a posição atual do braço do robô. Todos os limites configurados onde a alternância de visibilidade é selecionada (ou seja, mostrando o ícone ) , na seção Limites de Segurança, são exibidos com o limite atual selecionado.

Os planos de segurança (ativos) são exibidos em amarelo e preto, com uma pequena seta que representa o plano normal, que indica a lateral do plano no qual o TCP do robô pode ser posicionado. Os planos de acionamento são exibidos em azul e verde. Uma pequena seta ilustra o lado do plano que *não* aciona a transação no modo *Reduzido*. Se um plano de segurança for selecionado no painel ao lado esquerdo da guia, a representação 3D correspondente será realçada.

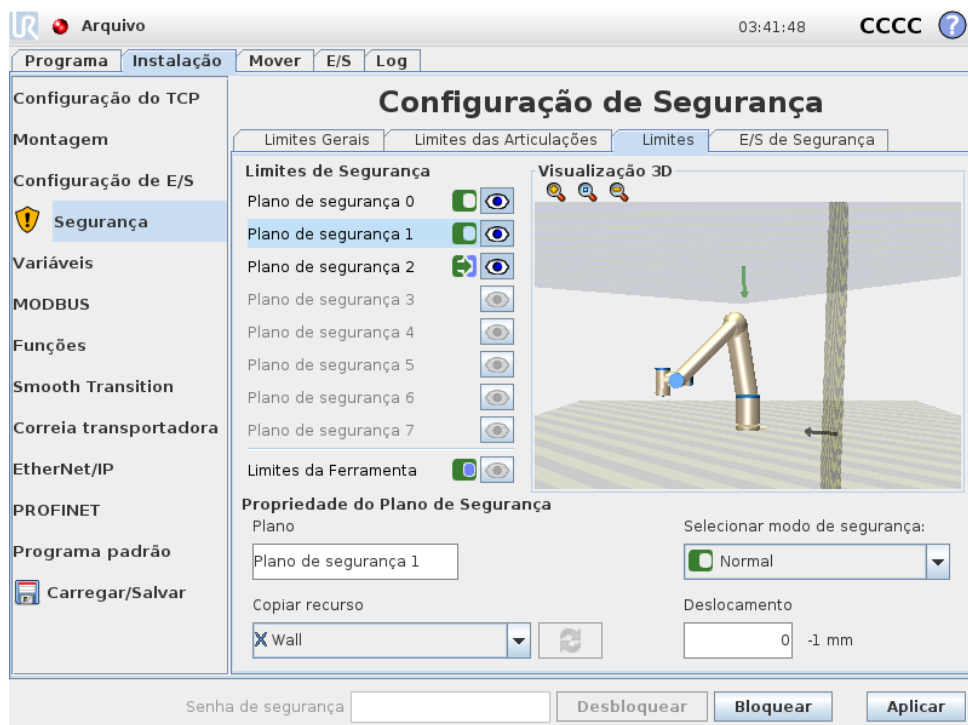
O limite de orientação da ferramenta é visualizado com um cone esférico junto a um vetor que indica a orientação corrente da ferramenta do robô. O interior do cone representa a área permitida para a orientação da ferramenta (vetor).

Quando um plano ou limite de orientação da ferramenta está configurado, porém desativado, a visualização é cinza.

Pressione os ícones de lupa para aumentar/reduzir o zoom ou arraste o dedo para alterar a visualização.

10.12.3 Configuração do plano de segurança




A seção Propriedades do Plano de Segurança, na parte inferior da guia, define a configuração do plano de segurança selecionado no painel Limites de Segurança na parte esquerda superior da guia.








Nome O campo de texto Nome permite que o usuário atribua um nome ao plano de segurança selecionado. Para alterar o nome, toque no campo de texto e insira um novo nome.

Copiar recurso A posição normal do plano de segurança é especificada por meio do recurso da instalação atual do robô (consulte 13.12). Use o menu suspenso na parte inferior esquerda da seção **Propriedades do Plano de Segurança** para selecionar um recurso. Apenas os recursos do tipo plano e ponto estão disponíveis. O item <Undefined> apaga a configuração do plano.

O eixo z do recurso selecionado indicará a área não permitida e o plano normal, a direção oposta, exceto quando o recurso **Base** for selecionado. Nesse caso, o plano normal indicará a mesma direção. Se o plano estiver configurado como um plano de *Acionamento no Modo Reduzido* (consulte 10.12.3), o plano normal indica o lado do plano que *não* aciona a transação no modo *Reduzido*.

Observe que, quando o plano de segurança em função da seleção de um determinado recurso, as informações de posicionamento serão *copiadas* apenas no plano de segurança; o plano *não* está vinculado a esse recurso. Isso significa que se houverem alterações na posição ou na orientação de um recurso que tenha sido usado para configurar um plano de segurança, o plano de segurança não é automaticamente atualizado. A alteração de um recurso é indicada por um ícone  posicionado acima do seletor de funções. Clique no botão , próximo ao seletor, para atualizar o plano de segurança com o posicionamento e a orientação atuais do recurso. O ícone  também é exibido se um recurso selecionado for excluído da instalação.

Modo de Segurança O menu suspenso à direita do painel **Propriedades do Plano de Segurança** é usado para escolher o *modo de segurança* para o plano de segurança, com os seguintes modos disponíveis:

| | |
|--|---|
|  Desabilitado | O plano de segurança <i>nunca ativo</i> . |
|  Normal | Quando o sistema de segurança está no modo <i>Normal</i> , um plano de modo <i>Normal</i> está <i>ativo</i> e age como um <i>limite estrito</i> sobre a posição do TCP do robô. |
|  Reduzido | Quando o sistema de segurança está no modo <i>Reduzido</i> , um plano de modo <i>Reduzido</i> está <i>ativo</i> e age como um <i>limite estrito</i> sobre a posição do TCP do robô. |
|  Normal & Reduzido | Quando o sistema de segurança está no modo <i>Normal</i> ou <i>Reduzido</i> , um plano de modo <i>Normal & Reduzido</i> está <i>ativo</i> e age como um <i>limite estrito</i> sobre a posição do TCP do robô. |
|  Acionamento no Modo Reduzido | Quando o sistema de segurança está no modo <i>Normal</i> ou <i>Reduzido</i> , um plano de <i>Acionamento no Modo Reduzido</i> está <i>ativo</i> e faz com que o sistema de segurança para exiba o modo <i>Reduzido</i> durante o tempo em que o TCP do robô está posicionado além dele. |

O *modo de segurança* selecionado é indicado pelo ícone da entrada correspondente no painel **Limites de Segurança**. Se o *modo de segurança* estiver *Desabilitado*, nenhum ícone será exibido.

Deslocamento Ao selecionar um recurso, na caixa suspensa, na parte inferior esquerda do painel *Propriedades do Plano de Segurança*, é possível alterar o plano de segurança tocando no campo de texto *Deslocamento*, na parte inferior esquerda desse painel, e inserindo um valor. Um valor positivo aumenta o espaço de trabalho do robô devido ao movimento na direção oposta ao plano normal, ao passo que um valor negativo diminui a área permitida, dado o movimento na mesma direção do plano normal.

A tolerância e a unidade para o deslocamento do plano de fronteira são apresentadas à direita do campo de texto.

Efeito dos planos de *limite estrito* A execução do programa é interrompida quando a posição do TCP está prestes a cruzar um limite ativo e rigoroso plano de segurança menos a tolerância (consulte 10.4), se ela continuar se movendo na trajetória prevista. Note que o sinal de menos exibido com o valor de tolerância existe apenas para indicar que a tolerância é subtraída do valor real inserido. O sistema de segurança realizará uma Categoria de Parada 0 caso a posição do TCP exceda o plano de segurança do limite especificado (sem tolerância).

Efeito dos planos do *Acionamento no Modo Reduzido* Quando nenhuma parada de proteção está em vigor e o sistema de segurança não está no modo especial *Recuperação* (consulte 10.6), ele opera em modo *Normal* ou *Reduzido* e os movimentos do braço robô são limitados pelo conjunto de limite respectivo.

Por padrão, o sistema de segurança está no modo *Normal*. Ele passa para o modo *Reduzido* sempre que uma das seguintes situações acontece:

- a) O TCP do robô está posicionado além de algum plano de *Acionamento no Modo Reduzido*, ou seja, que está localizado sobre o lado do plano que é *oposto* à direção da pequena seta na visualização do plano.
- b) A função de entrada de segurança do *Modo Reduzido* está configurada e os sinais de entrada são baixos (consulte 10.13 para obter mais detalhes).

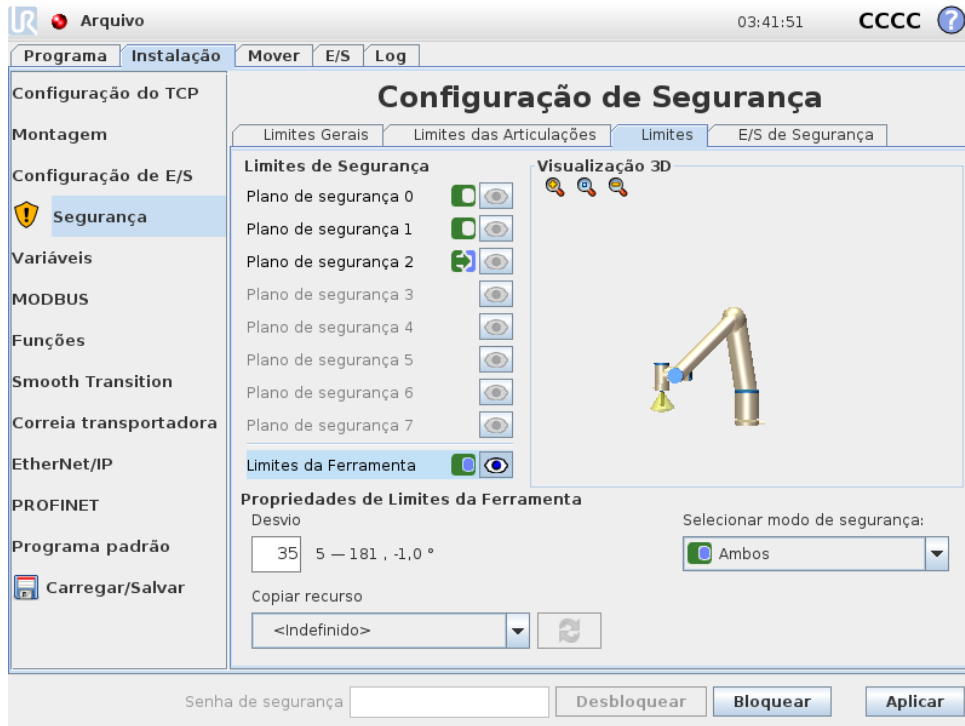
Quando nenhuma das opções acima é o caso por mais tempo, o sistema de segurança faz a transição para o modo *Normal*.

Quando a transição do modo *Normal* para o *Reduzido* é causada pela passagem por meio de um plano de *Acionamento no Modo Reduzido*, ocorre uma transição do conjunto limite do modo *Normal* para o conjunto limite do modo *Reduzido*. Assim que o TCP do robô é posicionado a 20 mm ou mais próximo ao plano *Acionamento no Modo Reduzido* (mas ainda do lado do modo *Normal*), o mais permissivo dos limites de modo *Normal* e *Reduzido* é aplicado para cada valor limite. Uma vez que o TCP do robô passa pelo plano *Acionamento no Modo Reduzido*, o conjunto do limite de modo *Normal* não está mais ativo e o conjunto de limite de modo *Reduzido* é aplicado.

Quando a transição do modo *Reduzido* para o *Normal* é causada pela passagem por meio de um plano de *Acionamento no Modo Reduzido*, ocorre uma transição do conjunto limite do modo *Reduzido* para o conjunto limite do modo *Normal*. Assim que o TCP do robô passa pelo plano *Acionamento no Modo Reduzido*, o mais permissivo dos limites de modo *Normal* e *Reduzido* é aplicado para cada valor limite. Uma vez que o TCP do robô está posicionado a 20 mm ou mais do plano *Acionamento no Modo Reduzido* (no lado do modo *Normal*), o conjunto de limite de modo *Reduzido* não está mais ativo e o conjunto de limite de modo *Normal* é aplicado.

Se a trajetória predita levar o TCP do robô por um plano de *Acionamento no Modo Reduzido*, o braço do robô começará a desacelerar mesmo antes de passar pelo plano, se ele estiver prestes a exceder a velocidade de articulação, velocidade da ferramenta ou limite de impulso no novo conjunto limite. Note que uma vez que esses limites são obrigados a ser mais restritivos no conjunto de limite de modo *Reduzido*, tal desaceleração precoce pode ocorrer apenas ao fazer a transição do modo *Normal* para o *Reduzido*.

10.12.4 Configuração de Limites da Ferramenta



O painel *Propriedades de Limites da Ferramenta*, na parte inferior da guia, define um limite na orientação da ferramenta do robô, composto por uma orientação da ferramenta desejada, e um valor de desvio máximo permitido dessa orientação.




Desvio O campo de texto *Desvio* exibe o valor do desvio máximo permitido na orientação da ferramenta do robô a partir da orientação desejada. Modifique esse valor tocando no campo de texto e digitando o novo valor.

O intervalo de valores aceitos, juntamente com a tolerância e a unidade do desvio, está listado próximo ao campo de texto.





Copiar recurso A orientação desejada da ferramenta do robô é especificada por meio do recurso da instalação atual do robô (consulte 13.12). O eixo z do recurso selecionado será utilizado como o vetor de orientação desejada nesse limite.

Use a caixa suspensa, na parte inferior esquerda da seção *Propriedades do Plano de Segurança*, para selecionar um recurso. Apenas os recursos do tipo plano e ponto estão disponíveis. O item *<Undefined>* apaga a configuração do plano.

Observe que, quando o limite for configurado em função da seleção de um determinado recurso, as informações de orientação serão *copiadas* apenas no limite; o limite *não* está vinculado a esse

recurso. Isso significa que se houver alterações na posição e na orientação de um elemento usado para configurar um limite, o limite não será automaticamente atualizado. A alteração de um recurso é indicada por um ícone  posicionado acima do seletor de funções. Clique no botão , próximo ao seletor, para atualizar o limite com a orientação atual do recurso. O ícone  também é exibido se um recurso selecionado for excluído da instalação.

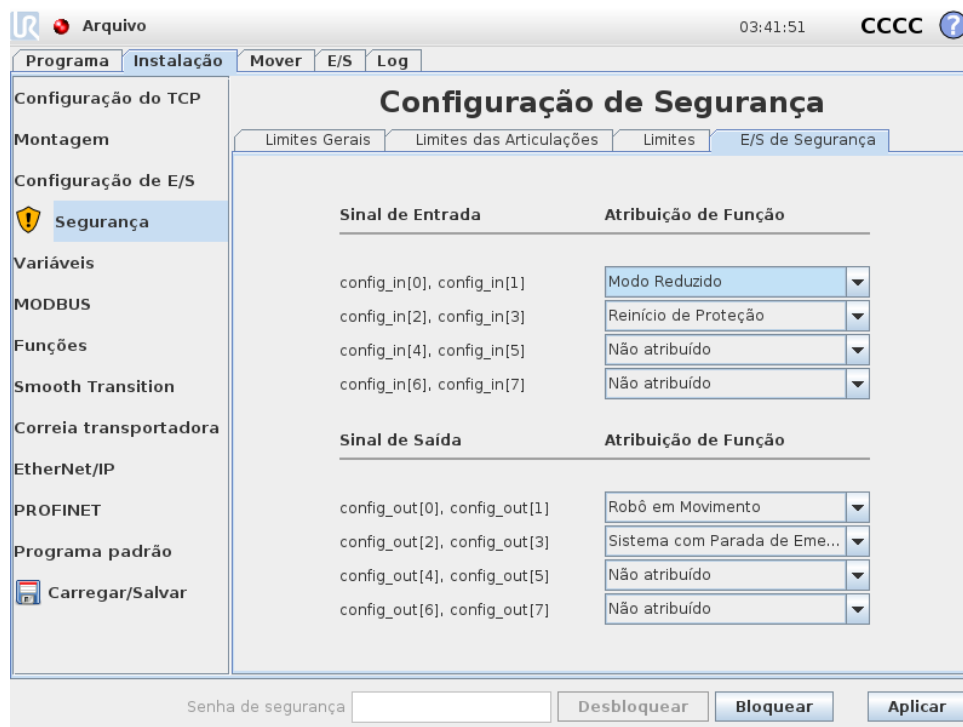
Modo de Segurança O menu suspenso à direita do painel `Propriedades do Limite da Ferramenta` é usado para escolher o *modo de segurança* para o limite de orientação da ferramenta. As opções disponíveis são:

| | |
|---|--|
|  Desabilitado | O limite da ferramenta nunca está ativado. |
|  Normal | Quando o sistema de segurança está em modo <i>Normal</i> , o limite de ferramenta está ativo. |
|  Reduzido | Quando o sistema de segurança está em modo <i>Reduzido</i> , o limite de ferramenta está ativo. |
|  Normal & Reduzido | Quando o sistema de segurança está em modo <i>Normal</i> ou <i>Reduzido</i> , o limite de ferramenta está ativo. |

O *modo de segurança* selecionado é indicado pelo ícone da entrada correspondente no painel `Limites de Segurança`. Se o *modo de segurança* estiver *Desabilitado*, nenhum ícone será exibido.

Efeito A execução do programa é abortada quando o desvio da orientação da ferramenta está prestes a ultrapassar o desvio máximo inserido menos a tolerância (consulte 10.4), se ela continuar se movendo na trajetória prevista. Note que o sinal de menos exibido com o valor de tolerância existe apenas para indicar que a tolerância é subtraída do valor real inserido. O sistema de segurança realizará uma Categoria de Parada 0 caso o desvio da orientação da ferramenta exceda o limite (sem tolerância).

10.13 E/S de Segurança



Esta tela define as *Funções de segurança* para as entradas e saídas (E/S) configuráveis. As E/S são divididas entre entradas e saídas e são combinadas de modo que cada função esteja fornecendo uma E/S de Categoria² 3 e PLd.

Cada *Função de segurança* pode controlar apenas um par de E/S. Ao tentar selecionar a mesma função de segurança uma segunda vez, faz com que ela seja removida do primeiro par de E/S que fora previamente definida. Há 5 *funções de segurança* para sinais de entrada e 5 para sinais de saída.

10.13.1 Sinais de Entrada

As seguintes *funções de segurança* dos sinais de entrada podem ser selecionadas: Parada de Emergência do Sistema, Modo Reduzido, Reinício de Proteção, Dispositivo de Ativação de 3 Posições e Modo Operacional.

Parada de Emergência do Sistema Quando configurado, permite ter um botão adicional de Parada de Emergência além do Botão de parada de emergência no Teach Pendant. Esta funcionalidade requer o uso de um dispositivo compatível com ISO 13850.

Modo Reduzido Todos os limites de segurança têm dois modos nos quais podem ser aplicados: O modo *Normal*, que especifica a configuração de segurança padrão e o modo *Reduzido* (consulte 10.6 para obter mais detalhes). Quando esta função de segurança de entrada está selecionada, um sinal baixo é dado às entradas, o que faz com que o sistema de segurança realize a transição para o modo *Reduzido*. Se necessário, o braço do robô, então, desacelera para satisfazer o conjunto limite do modo *Reduzido*. Se o braço do robô ainda violar qualquer um dos

²De acordo com a ISO 13849-1, consulte o Glossário para obter mais detalhes.

limites do modo *Reduzido*, ele realizará uma Categoria de Parada 0. A transição para o modo *Normal* acontece da mesma forma. Note que os planos de segurança também podem causar uma transição para o modo *Reduzido* (consulte 10.12.3 para obter mais detalhes).



Reinício de Proteção Se Parada de Proteção estiver conectada às E/Ss de segurança, essa entrada é usada para garantir que o estado de Parada de Proteção permaneça até que o reinício seja acionado. O braço do robô não se moverá quando estiver no estado de Parada de Proteção.



ALERTA:

Por padrão, a função Reinício de Proteção está configurada para pinos de entrada 0 e 1. Desativá-la completamente implica que o braço robô deixe de ter Parada de Proteção assim que a entrada Parada de Proteção se tornar superior. Em outras palavras, sem a Reinício de Proteção, as entradas Parada de Proteção SIO e SI1 (consulte Manual de Instalação de Hardware) determinam totalmente se o estado Parada de Proteção está ativo ou não.

Dispositivo de Ativação de 3 Posições e Modo Operacional Elas permitem o uso um dispositivo de ativação de 3 posições como uma medida de proteção adicional durante a configuração e programação do robô. Com a entrada Dispositivo de Ativação de 3 Posições configurada, o robô está ou no “modo de execução” ou no “modo de programação”. Um ícone será exibido no canto superior direito mostrando o modo operacional atual:

-  *Modo de execução:* O robô pode executar apenas tarefas predefinidas. A guia Mover e o modo de Condução Livre estão indisponíveis.
-  *Modo de programação:* As restrições presentes no *Modo de execução* são revogadas. No entanto, sempre que a entrada Dispositivo de Ativação de 3 Posições for baixa, o robô estará em Parada de Proteção. Além disso, o botão deslizante de velocidade é definido em um valor inicial que corresponde a 250 mm/s e pode ser aumentado incrementalmente para atingir uma velocidade maior. O botão deslizante de velocidade é redefinido no valor baixo sempre que a entrada Dispositivo de Ativação de 3 Posições passa de baixa para alta.

Existem dois métodos para configurar a seleção do modo operacional:

1. Para selecionar o modo operacional usando um dispositivo de seleção de modo externo, configure a entrada Modo Operacional. A opção para configurá-la será exibida nos menus suspensos assim que a entrada Dispositivo de Ativação de 3 Posições for configurada. O robô estará no *Modo de execução* quando a entrada Modo Operacional for baixa e no *Modo de programação* quando for alta.
2. Para selecionar o modo operacional do PolyScope, apenas a entrada Dispositivo de Ativação de 3 Posições deve ser configurada e aplicada à Configuração de Segurança. Nesse caso, o modo padrão é o de *Execução*. Para mudar para o *Modo de programação*, selecione o botão “Programar Robô” na tela de Boas-vindas. Para voltar para o *Modo de execução*, basta sair da tela “Programar Robô”.

**NOTA:**

- Após a configuração da E/S de Segurança com o Dispositivo de Ativação de 3 Posições habilitado ser confirmada, a tela de Boas-vindas é exibida automaticamente. A tela de Boas-Vindas também é exibida automaticamente quando o modo operacional muda de *Programação* para *Execução*.
- O seletor do modo físico, se usado, deve obedecer totalmente a norma ISO 10218-1: artigo 5.7.1 para seleção.
- O comutador de 3 posições, junto com o seu comportamento, características de desempenho e operação, deve estar totalmente em conformidade com a norma ISO 10218-1: artigo 5.8.3 para um dispositivo de ativação.

10.13.2 Sinais de Saída

As seguintes *funções de segurança* dos sinais de saída podem ser aplicadas. Todos os sinais retornam ao valor baixo quando o estado que acionou o sinal alto é concluído:

Parada de Emergência do Sistema O sinal baixo é enviado somente quando o sistema de segurança é acionado em um estado de Parada de Emergência pela entrada Parada de Emergência do Robô ou Botão de parada de emergência. Para evitar bloqueios, se o estado de Parada de Emergência for acionado pela entrada Parada de Emergência do Sistema, o sinal baixo não será enviado.

**NOTA:**

Máquinas externas obtendo o estado de Parada de Emergência do robô através da saída da Parada de Emergência do Sistema devem estar de acordo com a norma ISO 13850. Isto é particularmente necessário em configurações onde a entrada Parada de Emergência do Robô está conectada a um dispositivo de parada de emergência externo. Em tais casos, a saída da Parada de Emergência do Sistema irá se tornar alta quando o dispositivo de Parada de Emergência externo for liberado. Isto implica que o estado de parada de emergência em máquinas externas será redefinido sem nenhuma ação manual necessária a partir do operador do robô. Portanto, para cumprir com as normas de segurança, as máquinas externas devem exigir uma ação manual para serem reiniciadas.

Robô em Movimento Um sinal baixo é enviado sempre que o braço do robô está em movimento. Quando o braço do robô está em uma posição fixa, um sinal alto é enviado.

Robô Sem Parada Quando houver solicitação de parada do braço do robô, transcorrerá um lapso de tempo até que o braço pare efetivamente. Nesse caso, o sinal será alto. Quando o braço do robô estiver em movimento e não exista solicitação de parada, ou quando o braço do robô estiver na posição parada, o sinal será baixo.

Modo Reduzido Envia um sinal baixo quando o braço do robô é colocado no Modo *Reduzido* ou se a entrada de segurança está configurada com uma entrada *Modo Reduzido* e o sinal é atualmente baixo. Caso contrário, o sinal será alto.

Modo Não Reduzido Este é o inverso do *Modo Reduzido* definido acima.

11 Iniciar programação

11.1 Introdução

O braço da Universal Robot é composto por articulações e tubos. As articulações e seus nomes são mostrados na Figura 11.1. A **Base** é onde o robô é instalado. Na outra extremidade (**Pulso 3**) a ferramenta do robô é anexada. Ao coordenar o movimento de cada uma das articulações, o robô pode deslocar a ferramenta livremente, exceto na área justo acima e justo abaixo da base.

O PolyScope é a interface gráfica do usuário (GUI) que permite, além de operar o braço do robô e a caixa de controle, executar programas existentes e criar novos programas facilmente.

A próxima seção serve de introdução ao robô. Em seguida, as telas e funcionalidades do PolyScope são explicadas mais detalhadamente.



PERIGO:

1. O Manual de Instalação de Hardware contém informações de segurança importantes, que devem ser lidas e compreendidas pelo integrador de robôs da UR antes de o robô ser ligado pela primeira vez.
2. O integrador deve definir os parâmetros de configuração de segurança definidos pela avaliação de risco antes de ligar o braço do robô pela primeira vez, consulte o capítulo 10.

11.2 Introdução

Antes de usar o PolyScope, o braço do robô e a caixa de controle devem ser instalados. Esta última deve também ser ligada.

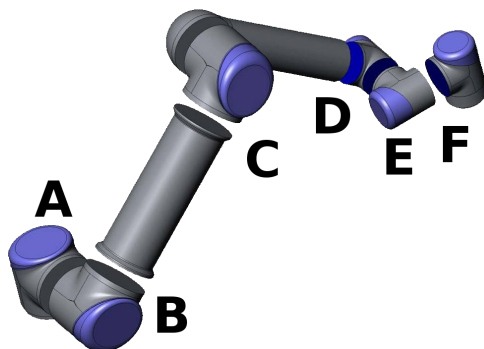


Figura 11.1: Articulações do robô. A: Base, B: Ombro, C: Cotovelo e D, E, F: Pulso 1, 2, 3

11.2.1 Como instalar o braço do robô e a caixa de controle

Para instalar o braço do robô e a caixa de controle, prossiga da seguinte forma:

1. Retire o braço do robô e a caixa de controle da embalagem.
2. Monte o braço do robô em uma superfície firme sem vibração.
3. Coloque a caixa de controle ao pé da superfície.
4. Conecte o plugue do cabo do robô à caixa de controle.
5. Conecte o plugue da caixa do controlador.



ALERTA:

Perigo de queda. Se o robô não estiver bem colocado, em uma superfície firme, ele pode cair e machucar alguém.

As instruções detalhadas de instalação podem ser encontradas no Manual de Instalação de Hardware. Observe que é obrigatório realizar a avaliação de risco antes de usar o braço do robô em qualquer aplicação.

11.2.2 Como ligar e desligar a caixa de controle

A caixa de controle é ativada ao pressionar o botão de energia, na parte frontal do painel da touchscreen. Esse painel é normalmente chamado de *teach pendant*. Quando a caixa de controle estiver ativada, aparecerá um texto na touchscreen do sistema operacional subjacente. Após aproximadamente um minuto, alguns botões aparecerão na tela e uma janela popup levará o usuário até a tela de inicialização (consulte 11.5).

Para desligar a caixa de controle, pressione o botão verde na tela, ou use o botão *Desligar* na tela de boas-vindas (consulte 11.4).



ALERTA:

Desligar tirando o cabo de energia da tomada pode corromper o sistema de arquivos do robô e, posteriormente, pode resultar em mau funcionamento do robô.

11.2.3 Como ligar e desligar o braço do robô

O braço do robô pode ser ligado se a caixa de controle estiver ativada e se nenhum botão de parada de emergência estiver ativado. O braço do robô é ligado na tela de inicialização (consulte 11.5) ao tocar no botão *LIGAR* na tela e, em seguida, pressionar *Iniciar*. Quando o robô é iniciado, ele emite um som e faz um pequeno movimento ao liberar os freios.

A energia do braço do robô pode ser desligada tocando no botão *DESLIGAR* na tela de inicialização. O braço do robô também é automaticamente desativado quando a caixa de controle é desligada.

11.2.4 Início rápido

Para iniciar o robô rapidamente após a instalação, execute as etapas a seguir:

1. Pressione o botão de parada de emergência na parte frontal do teach pendant.
2. Pressione o botão de energia do teach pendant.
3. Espere um minuto enquanto o sistema está iniciando e exibindo texto na touchscreen.
4. Quando o sistema estiver pronto, uma janela popup será mostrada na touchscreen, informando que o robô precisa ser inicializado.
5. Toque no botão na caixa de diálogo. Você será direcionado à tela de inicialização.
6. Aguarde o diálogo `Confirmação da configuração de segurança aplicada` e pressione o botão `Confirmar configuração de segurança`. Isso aplica um conjunto inicial de parâmetros de segurança que precisam ser ajustados com base em uma avaliação de risco.
7. Desbloqueie o botão de parada de emergência. O estado do robô é alterado de `Parada de Emergência` para `Desenergizado`.
8. Permaneça fora do alcance do espaço de trabalho do robô.
9. Toque o botão `Ligar` na touchscreen. Espere alguns segundos até que o estado do robô seja `Inativo`.
10. Verifique se a massa de carga útil e a instalação selecionada são corretas. Você será notificado, com base nos dados do sensor, se a instalação não se adequa à instalação selecionada.
11. Toque o botão `Iniciar` na touchscreen. Agora, o robô emite um som e faz um pequeno movimento ao liberar os freios.
12. Toque o botão `OK`, o que o leva à tela de `Boas-vindas`.

11.2.5 O primeiro programa

Um programa é uma lista de comandos dizendo para o robô o que ele deve fazer. O PolyScope permite a programação do robô por pessoas com pouca experiência de programação. Para a maioria das tarefas, a programação é feita inteiramente por meio do painel de toque, sem a necessidade de digitar quaisquer comandos crípticos.

A movimentação da ferramenta é a parte de um programa do robô que ensina o Braço do Robô como se mover. No PolyScope, as movimentações da ferramenta são configuradas usando uma série de **pontos de rota**. Os pontos de rota combinados formam um caminho que o Braço do Robô segue. Um ponto de rota pode ser definido usando a Guia Mover, com o movimento (ensinamento) do robô para uma determinada posição, ou pode ser calculado pelo software. Use a Guia Mover (veja 13.1) para mover o Braço do Robô para uma posição desejada, ou ensine a posição puxando o Braço do Robô para a posição enquanto aperta o botão `Condução Livre` por detrás `Teach Pendant`.

Além de se mover por pontos de rota, o programa pode enviar sinais de E/S para outras máquinas em determinados pontos no caminho do robô e executar comandos como **if... then** e **loop**, com base nas variáveis e nos sinais de E/S.

Em baixo tem um programa simples que permite a um Braço de Robô, que foi iniciado, se mover entre dois pontos de rota.

1. Toque o botão Programar Robô e selecione Programa Vazio.
2. Toque o botão Próximo (parte inferior direita) de forma que a linha <empty> seja selecionada na estrutura em árvore do lado esquerdo da tela.
3. Acesse a guia Estrutura.
4. Toque o botão Mover.
5. Acesse a guia Comando.
6. Pressione o botão Próximo para ir para as configurações do Ponto de Rota.
7. Pressione o botão Definir este ponto de rota ao lado da figura “?”.
8. Na tela Mover, mova o robô pressionando as várias setas azuis ou mova o robô segurando o botão Condução Livre, colocado na parte de trás do teach pendant, enquanto puxa o braço do robô.
9. Pressione OK.
10. Pressione Adicionar ponto de rota antes.
11. Pressione o botão Definir este ponto de rota ao lado da figura “?”.
12. Na tela Mover, mova o robô pressionando as várias setas azuis ou mova o robô segurando o botão Condução Livre enquanto puxa o braço do robô.
13. Pressione OK.
14. Seu programa está pronto. O robô se moverá entre os dois pontos quando você pressionar o símbolo de “Reproduzir”. Mantenha distância, segure o botão de parada de emergência e pressione “Reproduzir”.
15. Parabéns! Você acaba de produzir seu primeiro programa para mover o robô entre os dois pontos de rota.

**ALERTA:**

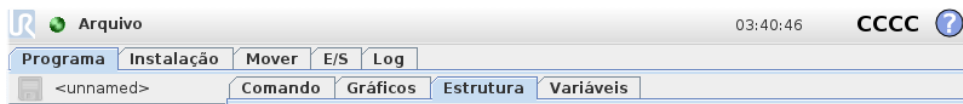
1. Tome cuidado para que o robô não se choque contra ele mesmo ou algum objeto, pois isso poderá danificá-lo.
2. Mantenha sua cabeça e torso fora do alcance (área de trabalho) do robô. Não coloque os dedos onde possam ser agarrados.
3. Isso é apenas um guia de início rápido para mostrar como é fácil usar o robô da UR. Ele pressupõe um ambiente seguro e um usuário muito cuidadoso. Não aumente a velocidade ou a aceleração acima dos valores-padrão. Sempre realize uma avaliação de risco antes de colocar o robô em funcionamento.

11.3 Interface de Programação PolyScope

O PolyScope é executado na tela sensível ao toque anexada à caixa de controle.



A figura acima mostra a Tela de Boas-vindas. As áreas azuladas da tela são botões que podem ser pressionados com o dedo ou com a parte de trás de uma caneta contra a tela. O PolyScope tem uma estrutura hierárquica de telas. No ambiente de programação, as telas estão organizadas em *guias* para facilitar o acesso às telas.



Neste exemplo, a guia **Programa** está selecionada no nível superior e sob ela a guia *Estrutura* está selecionada. A guia *Programa* contém informações relacionadas ao programa atualmente carregado. Se a guia **Mover** for selecionada, a tela será alterada para a tela **Mover**, a partir da qual o braço do robô pode ser movido. De forma semelhante, ao selecionar a guia **E/S**, o estado atual da E/S elétrica pode ser monitorado e alterado.

É possível conectar um mouse e um teclado à caixa de controle ou ao teach pendant; no entanto, isso não é necessário. Praticamente todos os campos de texto são ativados por toque, portanto, tocá-los ativa um teclado numérico ou um teclado na tela.

As várias telas do PolyScope são descritas nas seções a seguir.

11.4 Tela de Boas-vindas



Após inicializar o PC do controlador, a tela de boas-vindas é mostrada. A tela oferece as opções a seguir:

- **Executar Programa:** Selecione e execute um programa existente. Essa é a maneira mais fácil de operar o braço do robô e a caixa de controle.
- **Programar Robô:** Altera um programa ou cria um novo programa.
- **Configurar Robô:** Altera o idioma, configura senhas, atualiza software etc.
- **Desligar Robô:** Desliga o braço do robô e a caixa de controle.
- **Sobre:** Fornece detalhes relacionados a versões de software, nome do host, endereço IP, número de série e informações legais.

11.5 Tela de inicialização



Nessa tela, a inicialização do braço do robô é controlada.

Indicador do estado do braço do robô

O LED de status indica o estado de funcionamento do braço do robô:

- Um LED vermelho indica que o braço do robô está parado devido a vários motivos.
- Um LED amarelo indica que o braço do robô está ligado, mas não está preparado para funcionar normalmente.
- Por último, um LED verde indica que o braço do robô está ligado e preparado para funcionar normalmente.

O texto que aparece ao lado do LED especifica o estado atual do braço do robô.

Carga útil ativa e instalação

Quando o braço do robô é ligado, a massa da carga útil utilizada pelo controlador ao operar o braço do robô é mostrada no campo de texto pequeno e branco. Esse valor pode ser modificado tocando no campo de texto e digitando o novo valor.

Nota: a definição desse valor não modifica a carga útil da instalação do robô (consulte 13.6), apenas define a massa da carga útil a ser usada pelo controlador.

Da mesma forma, o nome do arquivo de instalação carregado é exibido no campo de texto cinza. Uma instalação diferente pode ser carregada tocando no campo de texto ou por meio do botão **Carga** próxima a ele. A instalação carregada também pode ser personalizada usando os botões ao lado da visualização 3D, na parte inferior da tela.

Antes de iniciar o braço do robô, é muito importante verificar tanto a carga ativa quanto a instalação ativa relacionadas à situação real na qual se encontra o braço do robô.

Como Inicializar o Braço do Robô



PERIGO:

Sempre verifique se a carga útil e a instalação estão corretas antes de iniciar o braço do robô. Se essas configurações estiverem erradas, o braço do robô e caixa de controle não funcionarão corretamente e podem representar perigo para as pessoas ou equipamentos.



CUIDADO:

Muito cuidado deve ser tomado se o braço do robô tocar um obstáculo ou uma mesa, uma vez que o contato do braço do robô com o obstáculo pode danificar a caixa de engrenagem da articulação.

O botão em destaque com o ícone verde serve para executar a inicialização do braço do robô. O texto do botão e as ações que executa mudam em função do estado atual do braço do robô.

- Após o PC controlador iniciar, o botão deve ser pressionado uma vez para ligar o braço do robô. O estado do braço do robô então fica **Ligado** e posteriormente, **Inativo**. Observe que, quando uma parada de emergência é acionada, o braço do robô não pode ser ligado, de modo que o botão será desativado.
- Quando o estado do braço do robô fica **Inativo**, o botão precisa ser pressionado novamente para iniciar o braço do robô. Neste ponto, os dados do sensor são contrastados com configuração da montagem do braço do robô. Se alguma incompatibilidade for encontrada (com uma tolerância de 30°), o botão será desabilitado e uma mensagem de erro é exibida abaixo.

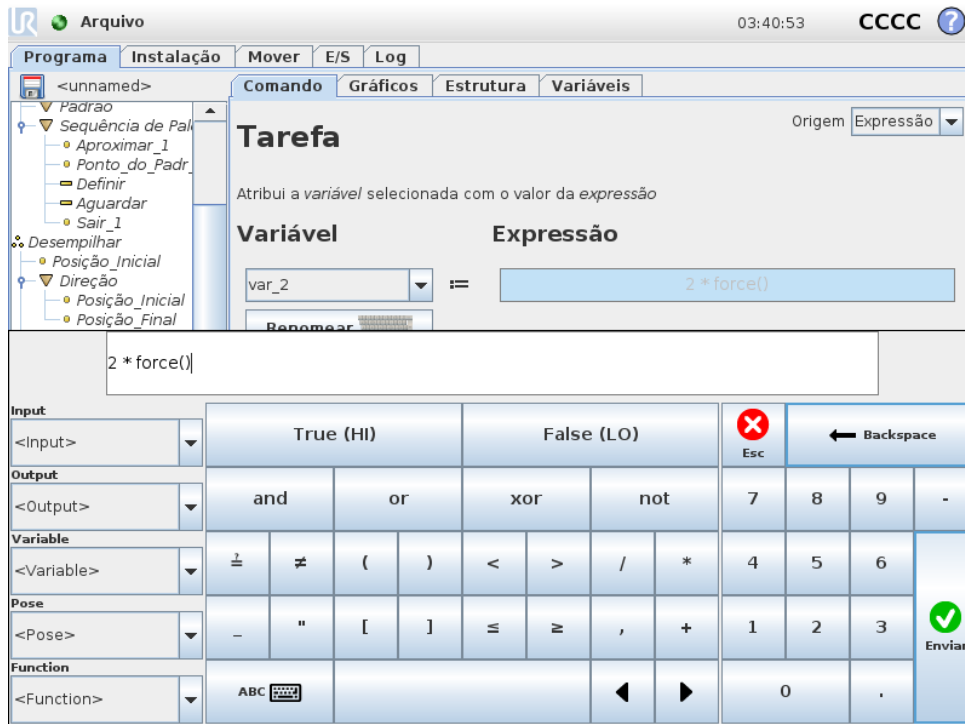
Se a verificação da montagem for aprovada, pressionar o botão faz com que todos os freios de articulações sejam liberados e o braço do robô fica preparado para funcionar normalmente. Observe que o robô faz um som e faz um pequeno movimento ao liberar os freios.

- Se o braço do robô ultrapassar um dos limites de segurança, ele funcionará em um **Modo de Recuperação** especial. Neste modo, ao pressionar o botão aparece uma tela do modo de recuperação onde o braço do robô pode retornar aos limites de segurança.
- Se ocorrer uma falha, o controlador poderá ser reiniciado usando o botão.
- Se o controlador não estiver em execução, o botão poderá ser iniciado pelo toque.

Por último, o botão menor com o ícone vermelho serve para desenergizar o braço do robô.

12 Editores na tela

12.1 Editor de expressão na tela



Apesar de a expressão em si ser editada como texto, o editor de expressão tem diversos botões e funções para inserir os símbolos de expressão especiais, como * para multiplicação e \leq para menor ou igual. O botão de símbolo de teclado, no canto superior esquerdo da tela, alterna para edição de texto da expressão. Todas as variáveis definidas podem ser encontradas no seletor de Variável, enquanto que os nomes das portas de entrada e de saída podem ser encontrados nos seletores de Entrada e Saída. Algumas funções especiais são encontradas em Função.

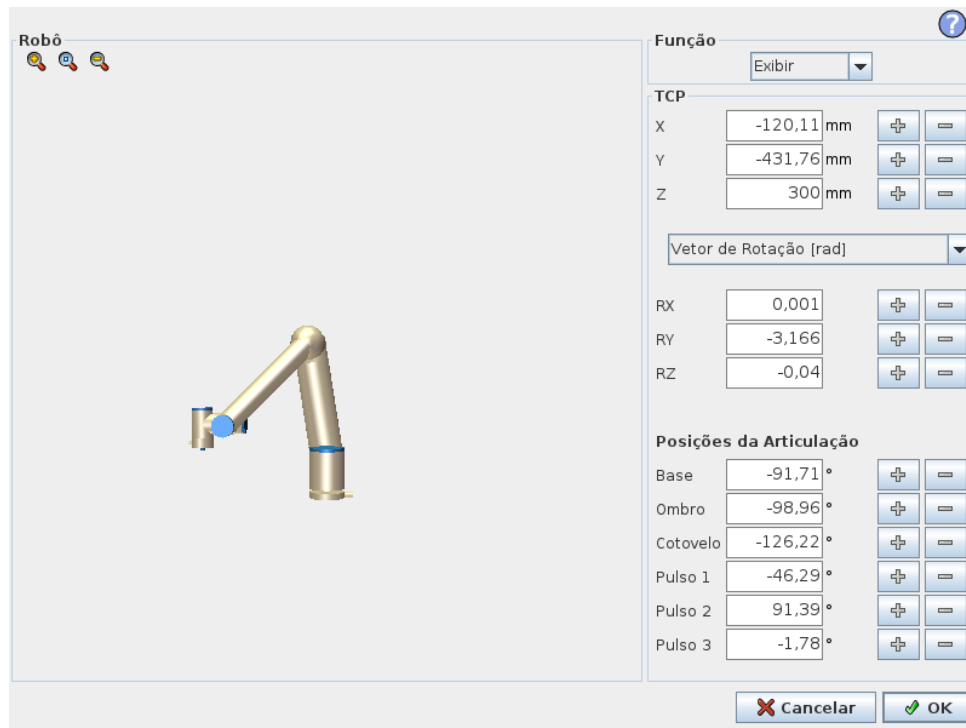
A expressão é verificada para erros gramaticais quando o botão Ok é pressionado. O botão Cancelar sai da tela descartando todas as alterações.

Uma expressão pode ser semelhante a esta:

```
digital.in[1] ? True and analog.in[0] < 0.5
```

12.2 Tela Editor de Posição

Nessa tela, é possível especificar posições destino das articulações ou uma posição destino (posição e orientação) da ferramenta do robô. Essa tela é “offline” e não controla o braço do robô diretamente.



Robô

A posição atual do braço do robô e a nova posição de destino especificada são mostradas em gráficos 3D. O desenho 3D do braço do robô mostra a posição atual do braço do robô, e sua “sombra” mostra a posição do destino do braço do robô controlado pelos valores especificados do lado direito da tela. Pressione os ícones de lupa para aumentar/reduzir o zoom ou arraste o dedo para alterar a visualização.

Se a posição do objetivo especificado do TCP do robô se aproximar de um plano de segurança ou de acionamento, ou a orientação da ferramenta do robô estiver perto do limite de orientação da ferramenta (consulte 10.12), uma representação 3D do limite aproximado será exibida.

Os planos de segurança são visualizados em amarelo e preto, com uma pequena seta que representa o plano normal, que indica a lateral do plano no qual o TCP do robô pode ser posicionado. Os planos de acionamento são exibidos em azul e verde e uma seta pequena aponta na direção do plano lateral, onde os limites do modo *Normal* estão ativos (consulte 10.6). O limite de orientação da ferramenta é visualizado com um cone esférico junto a um vetor que indica a orientação corrente da ferramenta do robô. O interior do cone representa a área permitida para a orientação da ferramenta (vetor).

Quando o TCP do robô em questão não estiver mais na proximidade do limite, a representação 3D desaparece. Se o TCP em questão violar ou estiver a ponto de violar um limite, a visualização do limite fica vermelha.

Função e posição da ferramenta

Na parte superior direita da tela está o seletor de funções. Ele define a função em relação à qual controlar o braço do robô.

Abaixo do seletor de recurso, o nome do Ponto Central da Ferramenta (TCP) ativo é exibido. Para mais informações sobre a configuração de vários TCPs nomeados, consulte 13.6. As caixas

12.2 Tela Editor de Posição

de texto mostram os valores completos de coordenadas do TCP em relação ao recurso selecionado. X, Y e Z controlam a posição da ferramenta, enquanto que RX, RY e RZ controlam a orientação da ferramenta.

Use o menu suspenso acima das caixas RX, RY e RZ para escolher a representação da orientação. Tipos disponíveis são:

- **Vetor de Rotação [rad]** A orientação é fornecida como um *vetor de rotação*. O comprimento do eixo é o ângulo a ser girado em radianos e o vetor em si fornece o eixo sobre o qual girar. Essa é a configuração padrão.
- **Vetor de Rotação [°]** A orientação é fornecida como um *vetor de rotação*, em que o comprimento do vetor é o ângulo a ser girado em graus.
- **RPY [rad]** Ângulos de *rolagem, inclinação e direção (RPY)*, sendo que os ângulos estão em radianos. A matriz de rotação RPY (rotação X, Y', Z'') é fornecida por:

$$R_{rpy}(\gamma, \beta, \alpha) = R_Z(\alpha) \cdot R_Y(\beta) \cdot R_X(\gamma)$$

- **RPY [°]** Ângulos de *rolagem, inclinação e direção (RPY)*, sendo que os ângulos estão em graus.

Os valores podem ser editados clicando na coordenada. Clicando nos botões + ou -, à direita de uma caixa, permite somar ou subtrair um valor do valor atual. Pressionar e manter um botão pressionado aumentará/reduzirá o valor diretamente. Quando mais tempo o botão estiver pressionado, maior o aumento/redução.

Posições da articulação

Permite que as posições de articulações individuais sejam especificadas. Cada posição da articulação pode exibir um valor no intervalo de -360° a $+360^\circ$, que são os *limites da articulação*. Os valores podem ser editados clicando na posição da articulação. Clicando nos botões + ou -, à direita de uma caixa, permite somar ou subtrair um valor do valor atual. Pressionar e manter um botão pressionado aumentará/reduzirá o valor diretamente. Quando mais tempo o botão estiver pressionado, maior o aumento/redução.

Botão OK

Se essa tela tiver sido ativada a partir da guia `MoveR` (consulte 13.1), clicar no botão `OK` retornará à guia `MoveR`, onde o braço do robô se moverá para o destino especificado. Se o último valor especificado for uma coordenada de ferramenta, o braço do robô se moverá para a última posição usando o tipo de *Movimento L*, enquanto que o braço do robô se moverá para a posição de destino usando o tipo de *Movimento J*, se uma posição de junção tiver sido especificada por último. Os diferentes tipos de movimento são descritos em 14.5.

Botão Cancelar

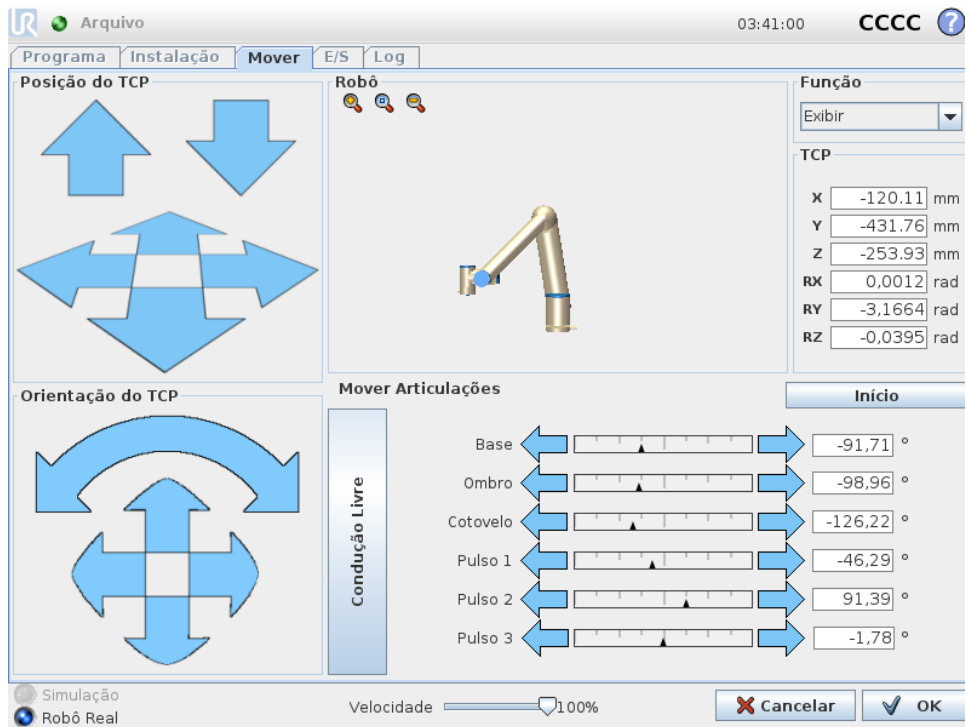
Clicar no botão `Cancelar` sai da tela descartando todas as alterações.



13 Controle do robô

13.1 Guia Mover

Nessa tela, sempre é possível mover (deslocar) o braço do robô diretamente, transferindo/girando a ferramenta do robô ou movendo as articulações do robô individualmente.



13.1.1 Robô

A posição atual do braço do robô é mostrada nos gráficos 3D. Pressione os ícones de lupa para aumentar/reduzir o zoom ou arraste o dedo para alterar a visualização. Para obter a melhor sensação de controle do braço do robô, selecione o recurso **Visualizar** e gire o ângulo de visualização do desenho 3D para que corresponder à sua visualização do braço do robô real.

Se a posição atual do TCP do robô se aproximar de um plano de segurança ou de acionamento, ou a orientação da ferramenta do robô estiver perto do limite de orientação da ferramenta (veja 10.12), uma representação 3D do limite aproximado será exibida. Observe que quando o robô está executando um programa, a visualização dos limites de fronteira será desativada.

Os planos de segurança são visualizados em amarelo e preto, com uma pequena seta que representa o plano normal, que indica a lateral do plano no qual o TCP do robô pode ser posicionado. Os planos de acionamento são exibidos em azul e verde e uma seta pequena aponta na direção do plano lateral, onde os limites do modo **Normal** estão ativos (veja 10.6). O limite de orientação da ferramenta é visualizado com um cone esférico junto a um vetor que indica a orientação corrente da ferramenta do robô. O interior do cone representa a área permitida para a orientação da ferramenta (vetor).

Quando o TCP do robô não estiver mais na proximidade do limite, a representação 3D desaparece. Se o TCP violar ou estiver a ponto de violar um limite, a visualização do limite fica vermelha.

13.1.2 Função e posição da ferramenta

Na parte superior direita da tela está o seletor de funções. Ele define a função em relação à qual controlar o braço do robô.

O nome do Ponto Central da Ferramenta (TCP) ativo é exibido abaixo do seletor de recurso. As caixas de texto mostram os valores completos de coordenadas do TCP em relação ao recurso selecionado. Para mais informações sobre a configuração de vários TCPs nomeados, (consulte 13.6).

Os valores podem ser editados manualmente clicando na coordenada ou na posição da articulação. Isso o levará à tela do editor de posição (consulte 12.2) na qual é possível especificar uma posição de destino e uma orientação para a ferramenta ou para as posições de destino das articulações.

13.1.3 Mover Ferramenta

- Manter uma seta de conversão (superior) pressionada moverá a ponta da ferramenta do robô na direção indicada.
- Manter uma seta de rotação (botão) pressionada alterará a orientação da ferramenta do robô na direção indicada. O ponto de rotação é o Ponto Central da Ferramenta (TCP, na sigla em inglês), ou seja, é o ponto na extremidade do braço do robô que fornece um ponto característico da ferramenta do robô. O TCP é exibido como uma pequena esfera azul.

Nota: Libere o botão para parar a movimentação a qualquer momento

13.1.4 Mover Articulações

Permite que articulações individuais sejam controladas diretamente. Cada articulação pode ser movida de -360° a $+360^\circ$, que são os *limites da articulação* ilustrados pela barra horizontal de cada articulação. Se uma articulação atingir seu limite, não poderá continuar o movimento. Se os limites de uma articulação forem configurados com um intervalo de posição diferente do padrão (consulte 10.11), o intervalo será indicado e vermelho, na barra horizontal.

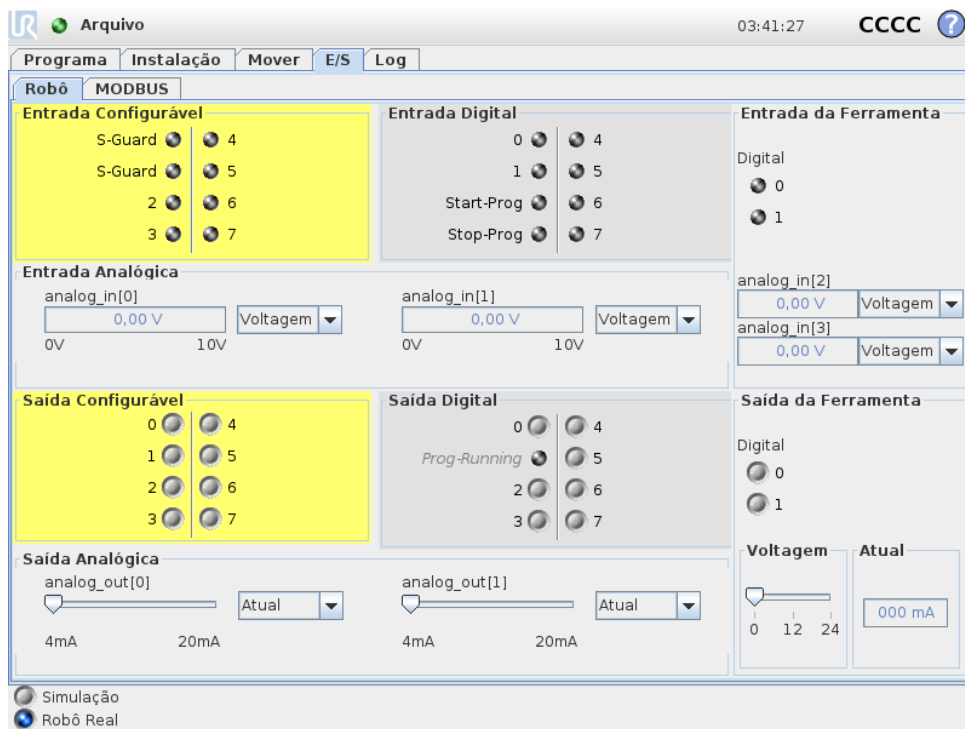
13.1.5 Condução Livre

Enquanto o botão *Condução Livre* estiver pressionado, será possível segurar o braço do robô fisicamente e arrastá-lo até o ponto desejado. Se a configuração da gravidade (consulte 13.7) na guia **Configuração** estiver errada ou se o braço do robô carregar uma carga pesada, o robô poderá começar a se mover (cair) quando o botão **Condução Livre** for pressionado. Nesse caso, simplesmente libere o botão **Condução Livre** novamente.

**ALERTA:**

1. Use as corretas configurações de instalação (por exemplo, ângulo de montagem do robô, peso no TCP, deslocamento do TCP). Salve e carregue os arquivos de instalação junto com o programa.
2. Certifique-se de que as configurações do TCP e da montagem do robô estejam corretas antes de operar o botão **Condução Livre**. Se essas configurações não estiverem corretas, o braço do robô se moverá quando o botão **Condução Livre** for ativado.
3. A função de Condução Livre (**Impedância/Operação Reversa**) só deve ser utilizada em instalações em que a avaliação de risco permite. As ferramentas e obstáculos não devem ter arestas afiadas nem pontos de esmagamento. Certifique-se de que todas as pessoas fiquem fora do alcance do braço do robô.

13.2 Guia E/S



Nessa tela, é possível monitorar e configurar os sinais de E/S ativos da/para caixa de controle do robô. A tela exibe o estado atual da E/S, inclusive durante a execução do programa. Se qualquer coisa for alterada durante a execução do programa, o programa será parado. Na parada do programa, todos os sinais de saída reterão seus estados. A tela é atualizada somente a 10Hz, portanto, um sinal muito rápido pode não ser exibido corretamente.

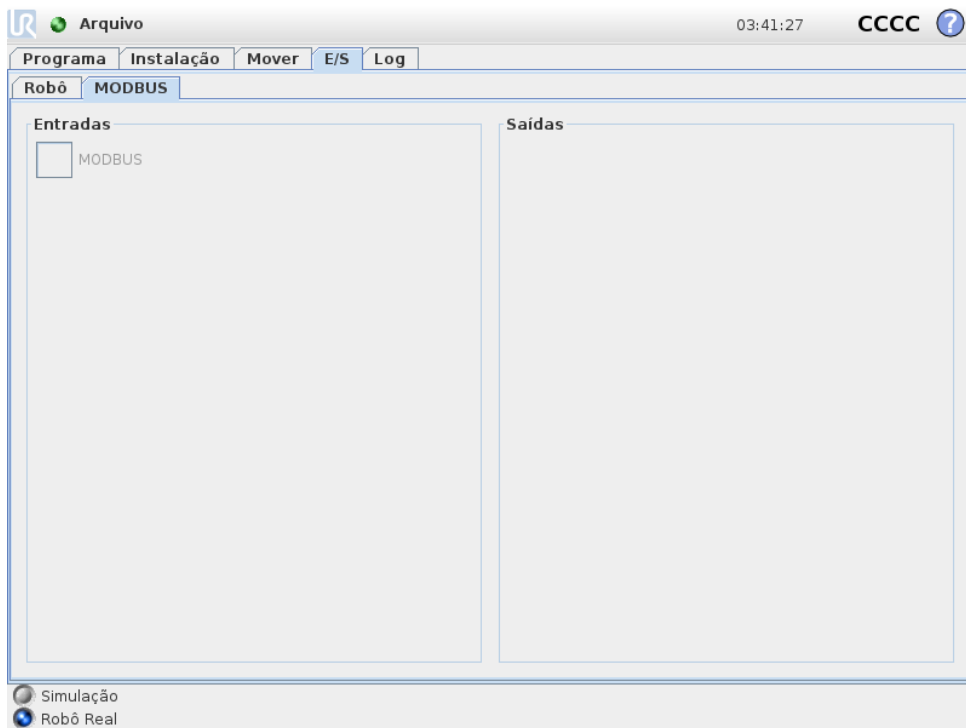
As E/S configuráveis podem ser reservadas para as configurações especiais de segurança definidas na seção de configuração de E/S da instalação (consulte 10.13); aquelas que estão reservadas terão o nome da função de segurança no lugar do padrão ou do nome definido pelo usuário. As saídas configuráveis reservadas para as configurações de segurança são exibidas apenas em LED e não são alternáveis.

Os detalhes elétricos dos sinais são descritos no capítulo 5.3.

Configurações de Domínio Analógico As E/S analógicas podem ser configuradas para produzir corrente [4-20 mA] ou de tensão [0-10V]. As configurações serão lembradas para reinicializações posteriores eventuais do controlador do robô quando um programa for salvo.

13.3 E/S do cliente MODBUS

Aqui, a E/S digital do cliente MODBUS sinaliza, à medida que configurações na instalação são mostradas. Se a conexão do sinal for perdida, a entrada correspondente nessa tela será desativada.



Entradas

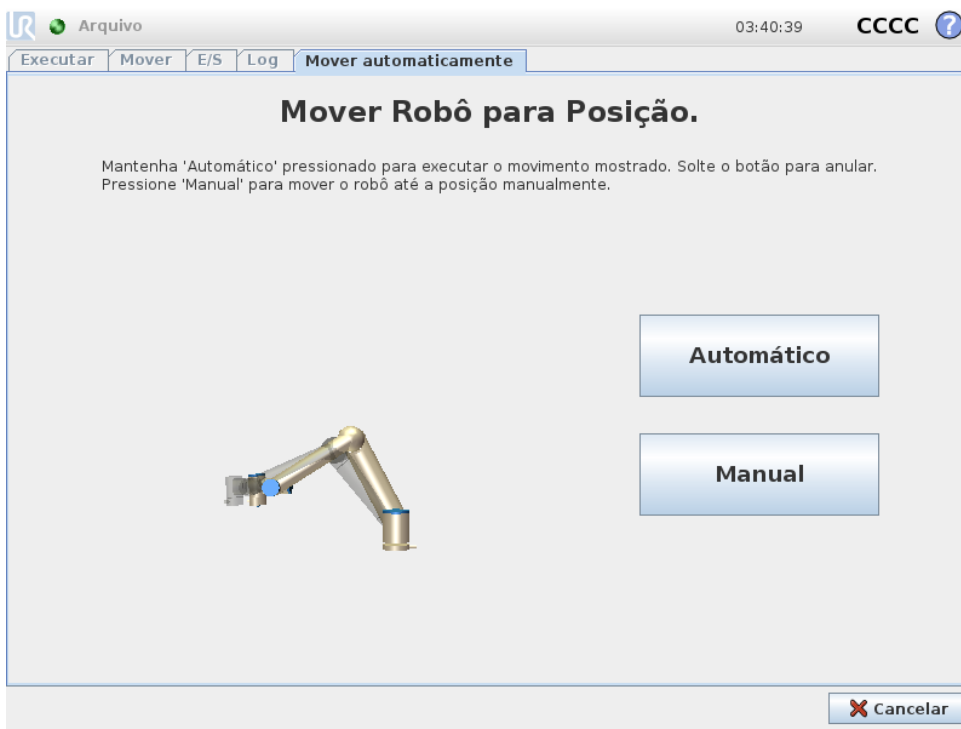
Visualize o estado das entradas digitais do cliente MODBUS.

Saídas

Visualize e alterne o estado das saídas digitais do cliente MODBUS. Um sinal pode ser alternado somente se a opção de controle da guia E/S (consulte 13.8) permitir.

13.4 Guia Movimento Automático

A guia Movimento Automático é usada quando o braço do robô precisa se mover para uma posição específica em seu espaço de trabalho. Por exemplo, quando o braço do robô tem que se mover até a posição inicial de um programa antes de executá-lo, ou quando se desloca para um ponto de referência ao modificar um programa.



Animação

A animação mostra o movimento que o braço do robô está prestes a realizar.



CUIDADO:

Compare a animação com a posição real do braço do robô e certifique-se de que o braço do robô pode realizar com segurança o movimento sem bater nos obstáculos.



CUIDADO:

A função automotiva move-se ao longo do robô, ao longo da trajetória da sombra. A colisão pode danificar o robô ou outro equipamento.

Automático

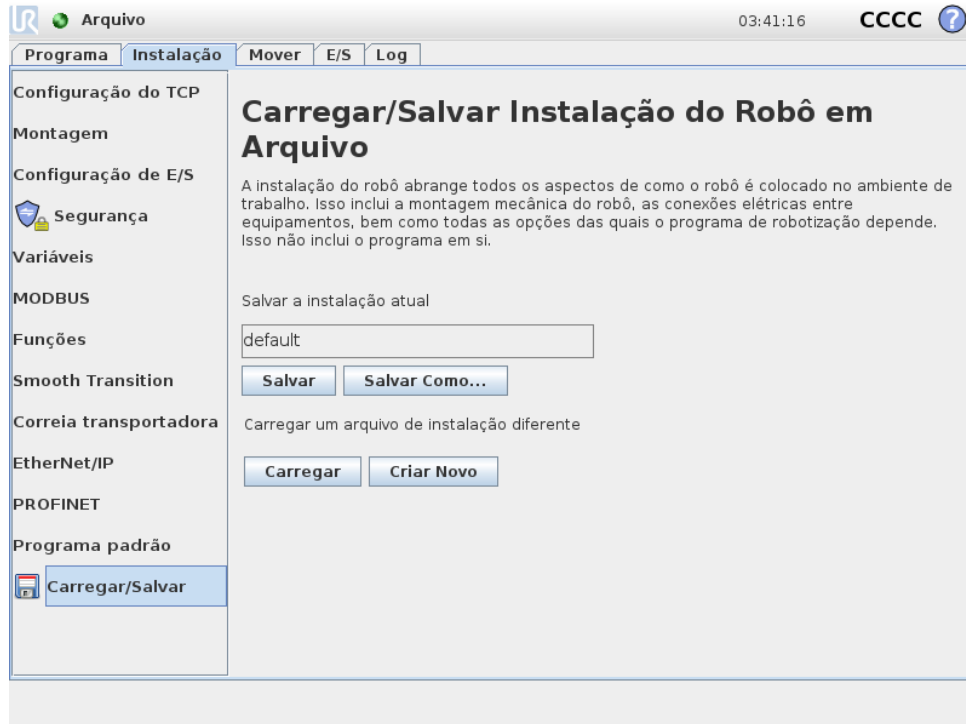
Mantenha o botão **Automático** pressionado para mover o robô conforme mostrado na animação.

Nota: Libere o botão para parar a movimentação a qualquer momento.

Manual

Pressionar o botão **Manual** o levará à guia **Mover**, onde o braço do robô pode ser movido manualmente. Isso é necessário somente se o movimento na animação não for o preferencial.

13.5 Instalação → Carregar/Salvar



A instalação do robô abrange todos os aspectos de como o braço do robô e caixa de controle são colocados no ambiente de trabalho. Isso inclui a montagem mecânica do braço de robô, as conexões elétricas entre equipamentos, bem como todas as opções das quais o programa de robotização depende. Isso não inclui o programa em si.

Essas configurações podem ser configuradas usando as várias telas na guia **Instalação**, exceto os domínios de E/S, que são configurados na guia **E/S** (veja 13.2).

É possível ter mais de um arquivo de instalação do robô. Programas criados usarão a instalação ativa e carregarão essa instalação automaticamente quando usados.

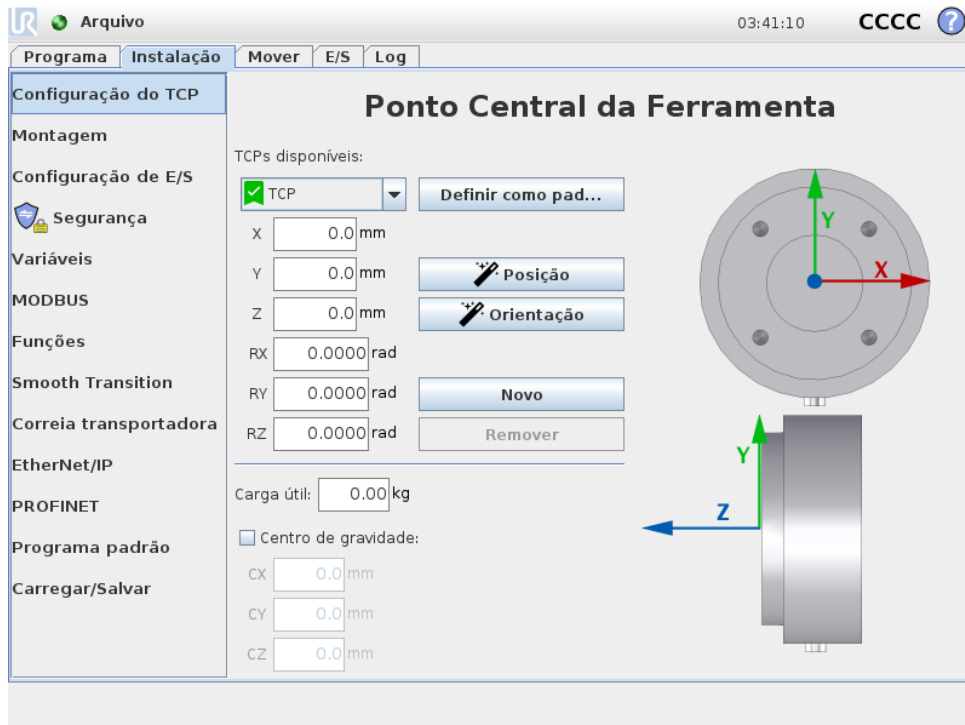
Quaisquer alterações em uma instalação precisam ser salvas para serem preservadas após desligamento da energia. Se houver alterações não salvas na instalação, um ícone de disquete será exibido ao lado do texto **Carregar/Salvar**, no lado esquerdo da guia **Instalação**.

Para salvar uma instalação, é preciso pressionar o botão **Salvar** ou **Salvar Como...**. Outra maneira de fazer isso seria salvar o programa, pois a instalação ativa também seria salva. Para carregar um arquivo de instalação diferente, use o botão **Carregar**. O botão **Criar Novo** redefine todas as configurações da Instalação do robô para as definições de fábrica.

**CUIDADO:**

Utilizar o robô com uma instalação carregada a partir de uma unidade USB não é recomendado. Para usar a instalação armazenada em uma unidade USB, primeiramente carregue a instalação e logo salve em uma pasta local de **programas** usando o botão **Salvar Como...**

13.6 Instalação → Configuração do TCP



Um **Ponto Central da Ferramenta (TCP)** é um ponto na ferramenta do robô. O TCP é definido e nomeado na Configuração da Guia de Instalação **para a tela do Ponto Central da Ferramenta** (mostrada acima). Cada TCP contém uma translação e uma rotação com relação ao centro do flange da saída da ferramenta.

Quando programado para voltar para um ponto de rota previamente armazenado, um robô move o TCP de acordo com a posição e orientação salvas no ponto de rota. Quando programado para movimento linear, o TCP se move de forma linear.

As coordenadas X , Y e Z especificam a posição do TCP, enquanto que RX , RY e RZ especificam sua orientação. Quando todos os valores forem zero, o TCP coincide com o ponto central no flange de saída da ferramenta e adota o sistema de coordenadas mostrado no lado direito da tela.

13.6.1 Adição, modificação e remoção de TCPs

Para definir um TCP novo, toque no botão **Novo**. O TCP criado recebe automaticamente um nome exclusivo e fica selecionável a partir do menu suspenso. Para modificar a translação e a rotação do TCP selecionado, toque nos campos de texto em branco respectivos e insira novos

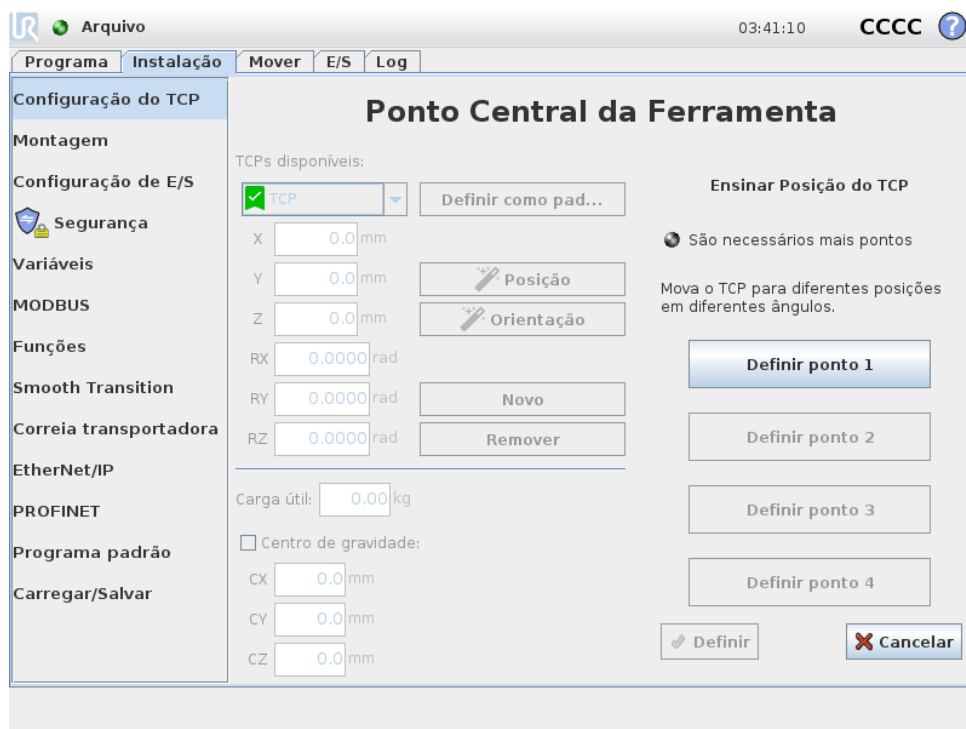
valores. Para remover o TCP selecionado, basta tocar no botão **Remover**. Não é possível excluir o último TCP restante.

13.6.2 O TCP padrão e o ativo

Existe um TCP configurado como padrão indicado por um ícone verde à esquerda do seu nome no menu suspenso **TCPs disponíveis**. Para definir um TCP como padrão, selecione o TCP desejado e toque em **Definir como padrão**.

Um deslocamento do TCP é designado como *ativo* para determinar todos os movimentos lineares em um espaço de sistema de coordenadas Cartesianas. A movimentação do TCP ativo é exibida na Guia Gráficos (consulte 14.29). Antes de um programa correr, o TCP padrão é definido como o TCP ativo. Em um programa, qualquer um dos TCPs especificados pode ser definido como *ativo* para um movimento particular do robô (consulte 14.5 e 14.10).

13.6.3 Ensinando posição do TCP

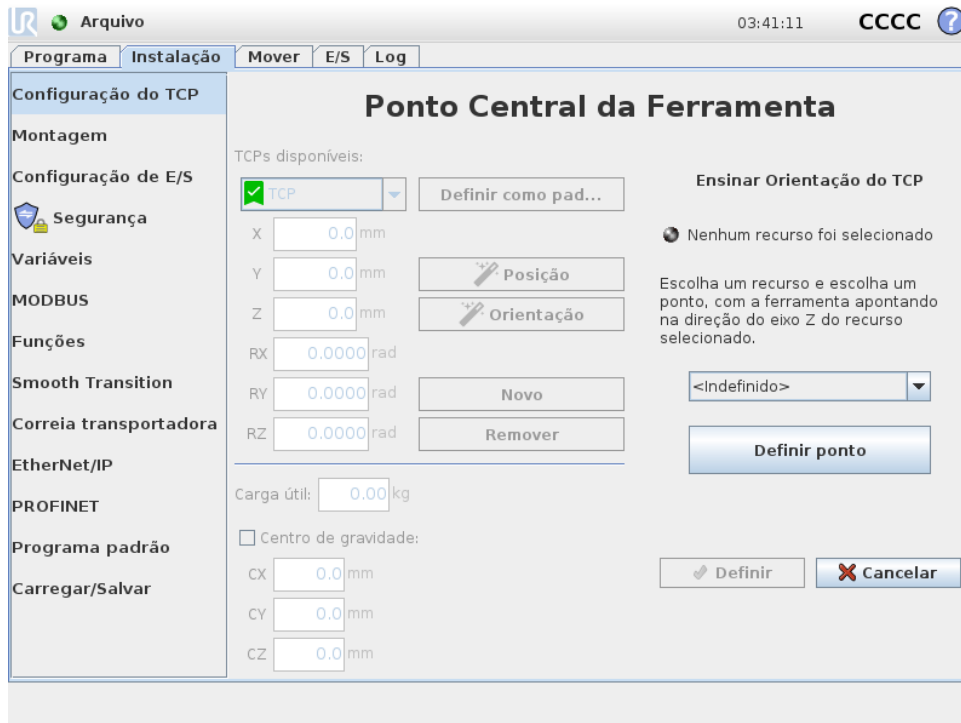


As coordenadas de posição do TCP podem ser calculadas automaticamente desta forma:

1. Toque em **Posição**.
2. Escolha um ponto fixo na área de trabalho do robô.
3. Use as setas posicionais no lado direito da tela para mover o TCP de pelo menos três ângulos diferentes e para salvar as posições correspondentes do flange de saída da ferramenta.
4. Use o botão **Definir** para aplicar as coordenadas verificadas ao TCP apropriado. Para que o cálculo funcione corretamente, é necessário haver diversidade suficiente nas posições. Se não houver diversidade suficiente, o LED de status acima dos botões fica vermelho.

Embora três posições sejam o suficiente para determinar o TCP, uma quarta posição serve para verificar melhor se o cálculo está correto. A qualidade de cada ponto salvo com relação ao TCP calculado é indicada usando um LED verde, amarelo ou vermelho no respectivo botão.

13.6.4 Atingindo a orientação do TCP



1. Toque em **Orientação**.
2. Selecione um recurso na lista suspensa. (Veja 13.12) para mais informação sobre definir novos recursos
3. Toque em **Selecionar Ponto** e use as setas **Mover Ferramenta** para mover para uma posição onde a orientação da ferramenta e o TCP correspondente coincidem com o sistema de coordenadas dos recursos selecionados.
4. Verifique a orientação TCP selecionada e aplique a orientação ao TCP selecionado, tocando no botão **Definir**.

13.6.5 Carga útil

O peso da ferramenta do robô vem especificado na parte inferior da tela. Para mudar esta configuração, basta tocar no campo de texto branco e introduzir um peso novo. Esta configuração aplica-se a todos os TCPs definidos. Para obter detalhes sobre a carga útil máxima permitida, consulte o Manual de Instalação do Hardware.

Estimativa da carga útil

Este recurso permite ao robô ajudar a definir a carga útil e Centro de Gravidade corretos.

Usar o Assistente de Estimativa da Carga Útil

1. Na Guia Instalação, em Geral, selecione **TCP**
2. Na tela de TCP, em Carga Útil e Centro de Gravidade, toque no **Ícone**.

3. No Assistente de Estimativa da Carga Útil, toque em **Seguinte**
4. Siga os passos para definir as quatro posições.
Definir as quatro posições requer mover o Braço do Robô para quatro posições diferentes. Cada posição é medida. As medições individuais podem ser modificadas tocando nos campos de centro de gravidade e introduzindo valores.
5. Quando todas as medições forem completadas, toque em **Concluir**

**NOTA:**

Siga estas diretrizes para obter os melhores resultados de Estimativa da Carga Útil:

- Assegure que as quatro posições de TCP variam o máximo possível umas das outras
- Execute as medições em um período de tempo curto

**ALERTA:**

- Evite puxar na ferramenta e/ou carga útil conectada antes de/durante a estimativa
- A montagem e o ângulo do robô devem ser corretamente definidos na instalação

13.6.6 Centro de gravidade

O centro de gravidade da ferramenta é especificado usando os campos *CX*, *CY* e *CZ*. Se não for especificado, é assumido que o TCP seja o centro de gravidade da ferramenta. As configurações se aplicam a todos os TCPs definidos.

**ALERTA:**

Use as configurações de instalação corretas. Salve e carregue os arquivos de instalação junto com o programa.

13.7 Instalação → Montagem



Especificar a montagem do Braço do Robô serve dois propósitos:

1. Fazer o Braço do Robô aparecer corretamente na tela.
2. Informar ao controlador sobre a direção da gravidade.

Um modelo de dinâmica avançado permite que o Braço do Robô efetue movimentos suaves e precisos, permitindo também que o Braço do Robô se mantenha em modo **Condução Livre**. Por essa razão, é importante que a montagem do robô seja feita corretamente.



ALERTA:

Se a montagem do braço do robô não for feita corretamente, o robô poderá apresentar paradas de segurança frequentes e/ou o braço do robô poderá se mover quando o botão **Condução Livre** estiver pressionado.

Se o Braço do Robô estiver montado sobre uma mesa plana ou no chão, então não será necessário fazer nenhuma mudança nesta tela. No entanto, se o braço do robô estiver **montado no teto, na parede ou a um ângulo**, ele precisa ser ajustado por meio dos botões.

Os botões do lado direito da tela servem para configurar o ângulo de montagem do Braço do Robô. Os três botões no lado superior direito definem o ângulo do **teto** (180°), da **parede** (90°), do **chão** (0°). Os botões **Inclinação** definem um ângulo arbitrário.

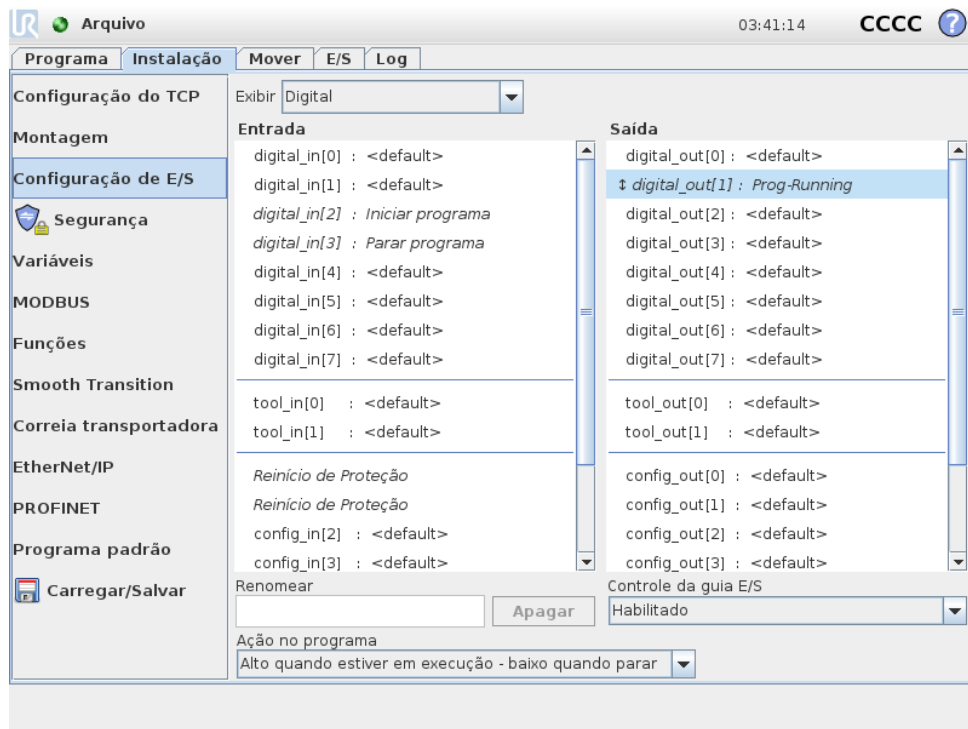
Os botões na parte inferior da tela são usados para girar a montagem do Braço do Robô para corresponder à montagem real.



ALERTA:

Use as configurações de instalação corretas. Salve e carregue os arquivos de instalação junto com o programa.

13.8 Instalação → Configuração de E/S



Na tela Configuração de E/S, os usuários podem definir sinais de E/S e configurar ações com o controle de guia E/S.

As seções de **Entrada** e **Saída** listam os tipos de sinais E/S como:

- Digital padrão de uso geral, configurável e ferramenta
- Analógico padrão de uso geral e ferramenta
- MODBUS
- Registos de propósito geral (booleano, integral e flutuação) Os registos de uso geral podem ser acessados por um fieldbus (como Profinet e EtherNet/IP).

13.8.1 Tipo de sinal E/S

Para limitar o número de sinais listados nas seções de **Entrada** e **Saída**, use o menu suspenso **Visualização** na parte superior da tela para alterar o conteúdo exibido com base no tipo de sinal.

13.8.2 Atribuição de nomes definidos pelo usuário

Para se lembrarem facilmente do que os sinais fazem enquanto trabalham com o robô, os usuários podem associar nomes para sinais de Entrada e Saída.

1. Selecione o sinal desejado
2. Toque no campo de texto na parte inferior da tela para definir o nome.
3. Para repor o nome padrão, toque em **Limpar**.

Um registro de uso geral deve ter um nome definido pelo usuário para este estar disponível no programa (por exemplo, para um comando de **Espera** ou expressão condicional de um comando **Se**) Os comandos **Espera** e **Se** são descritos em (14.9) e (14.18), respectivamente. Registros de uso geral nomeados podem ser encontrados no seletor de **Entrada** ou **Saída** na tela do **Editor de Expressão**.

13.8.3 Ações E/S e Controle de Guia E/S

Ações de entrada: As oito entradas digitais de uso geral padrão e as duas entradas de ferramenta digital, assim como os registros de entrada de uso geral do tipo *booleano* podem desencadear uma ação. As ações disponíveis incluem a capacidade de executar as ações seguintes em uma borda ascendente:

- Iniciar o programa atual
- Parar o programa atual
- Pausar o programa atual

Além disso, pode ser configurada uma ação para entrar ou sair do Modo Condução Livre quando a entrada for alta/baixa. (semelhante a apertar/soltar o botão **Condução Livre** por detrás do Teach Pendant).

Ações de saída e controle de guia E/S: As saídas, como padrão, preservam os seus valores após a parada de um programa. É possível configurar uma saída com um valor padrão que é aplicado apenas quando o programa está iniciando.

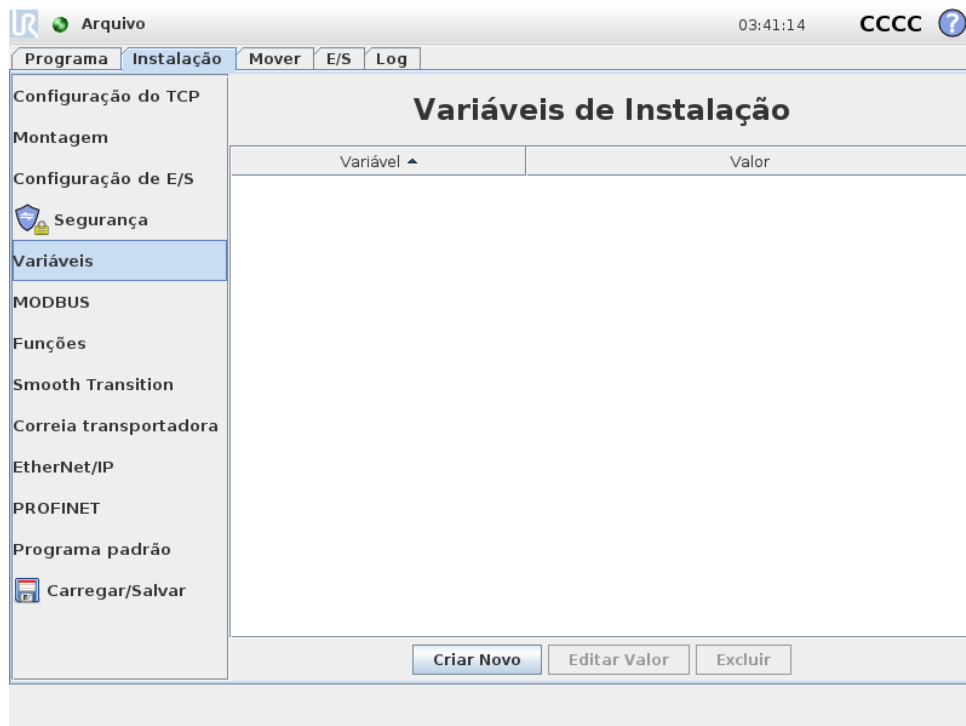
As oito saídas digitais de uso geral padrão e as duas saídas de ferramenta digital podem também ser configuradas para refletir se um programa está sendo executado atualmente, de modo que a saída seja alta quando um programa é executado e baixa quando é parado ou pausado. De contrário, a saída é baixa quando um programa está sendo executado e alto quando está parado ou pausado. Esses valores podem ser configurados enquanto o programa está sendo executado. Registros de saída para uso geral do tipo *booleano* e sinais de saída digital MODBUS também são compatíveis com isso.

Por fim, também é possível especificar se uma saída pode ser controlada na guia de E/S (por programadores ou por operadores e programadores) ou se somente programas do robô podem alterar o valor de saída.

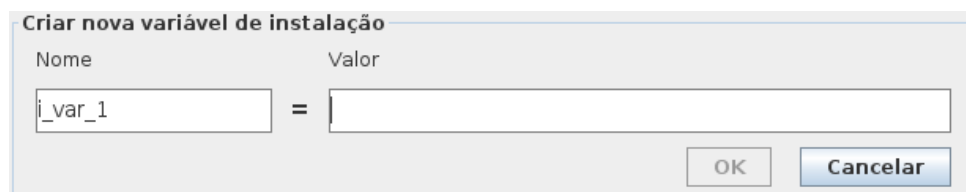
13.9 Instalação → Segurança

Consulte o capítulo 10.

13.10 Variáveis de → Instalação



As variáveis criadas na tela Variáveis são chamadas de Variáveis de Instalação e são usadas como variáveis normais do programa. As Variáveis de Instalação são especiais porque elas mantêm o seu valor, mesmo que um programa seja interrompido e iniciado novamente e quando o braço do robô e/ou Caixa de Controle são desligados e ligados novamente. Os nomes e os valores são armazenados com a instalação, de modo que é possível usar a mesma variável em vários programas.



Pressionar **Criar Novo** faz aparecer um painel com um nome sugerido para a nova variável. O nome pode ser alterado e seu valor inserido tocando qualquer dos campos. O botão **OK** somente poderá ser tocado se o novo nome não for já utilizado nesta instalação.

É possível alterar o valor de uma variável de instalação destacando a variável na lista e, em seguida, clicando em **Editar Valor**.

Para excluir uma variável, selecione-a e toque em **Excluir**.

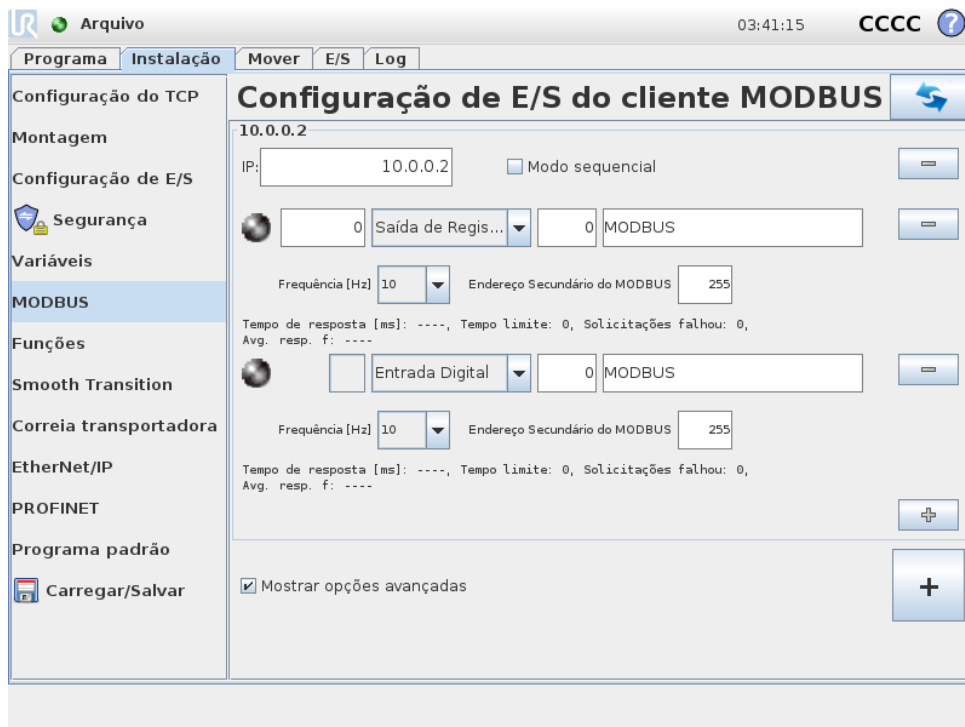
Após configurar as variáveis de instalação, a própria instalação deve ser salva para armazenar a configuração, (consulte 13.5).

As variáveis de instalação e seus valores são automaticamente salvos a cada 10 minutos.

Se um programa ou uma instalação for carregado e uma ou mais variáveis do programa tiverem o mesmo nome que as variáveis de instalação, o usuário terá opções para resolver o problema:

usar as variáveis de instalação do mesmo nome em vez da variável do programa, ou aceitar que as variáveis em sejam renomeadas automaticamente.

13.11 Instalação → Configuração de E/S do cliente MODBUS



Aqui, os sinais do cliente (mestre) MODBUS podem ser configurados. Conexões com servidores (ou escravos) MODBUS nos endereços IP especificados podem ser criadas com sinais de entrada/saída (registros ou digitais). Cada sinal tem um nome exclusivo para que possa ser usado em programas.

Atualizar

Pressione esse botão para atualizar todas as conexões MODBUS. Atualizar desconecta todas as unidades modbus, e os conecta novamente. Todas as estatísticas são apagadas.

Adicionar unidade

Pressione esse botão para adicionar uma nova unidade MODBUS.

Excluir unidade

Pressione esse botão para excluir a unidade MODBUS e todos os sinais dessa unidade.

Definir IP da unidade

Aqui, o endereço IP da unidade MODBUS é mostrado. Pressione o botão para alterá-lo.

Modo sequencial

Disponível apenas quando Mostrar Opções Avançadas (consulte 13.11) estiver selecionada. Selecionar esta caixa de seleção força o cliente modbus a aguardar uma resposta antes de enviar a próxima

solicitação. Este modo é exigido por algumas unidades fieldbus. Ativar esta opção pode ajudar quando houver vários sinais, e aumentar a frequência de solicitação resulta em desconexão dos sinais. Observe que a frequência de sinal real pode ser inferior ao solicitado quando vários sinais são definidos no modo sequencial. A frequência de sinal real pode ser observada nas estatísticas do sinal (consulte a seção 13.11). O indicador de sinal ficará amarelo se a frequência de sinal real for menos da metade do valor selecionado a partir da lista suspensa “Frequência”.

Adicionar sinal

Pressione esse botão para adicionar um sinal à unidade MODBUS correspondente.

Excluir sinal

Pressione esse botão para excluir um sinal da unidade MODBUS correspondente.

Definir tipo de sinal

Use este menu suspenso para escolher o tipo de sinal. Tipos disponíveis são:

Entrada digital: Uma entrada digital (bobina) é uma quantidade de um bit que é lida da unidade MODBUS na bobina especificada no campo de endereço do sinal. O código de função 0x02 (Ler Entradas Discretas) é usado.

Saída digital: Uma saída digital (bobina) é uma quantidade de um bit que pode ser configurada para alta ou baixa. Antes de o valor dessa saída ter sido configurado pelo usuário, o valor será lido a partir da unidade remota MODBUS. Isso significa que o código de função 0x01 (Ler Bobinas) será usado. Quando a saída tiver sido configurada por um programa do robô ou quando o botão **definir valor do sinal** for pressionado, o código de função 0x05 (Gravar Bobina Simples) será usado a partir de então.

Entrada de registro: Uma entrada de registro é uma quantidade de 16 bits lida do endereço especificado no campo de endereço. O código de função 0x04 (Ler Registros de Entrada) é usado.

Saída de registro: Uma saída de registro é uma quantidade de 16 bits que pode ser definida pelo usuário. Antes de o valor do registro ter sido definido, o valor será lido da unidade remota MODBUS. Isso significa que o código de função 0x03 (Ler Registros de Retenção) é usado. Quando a saída tiver sido definida por um programa do robô ou quando um valor de sinal no campo **definir valor do sinal** for especificado, o código de função 0x06 (Gravar Registro Único) será usado para definir o valor na unidade remota MODBUS.

Definir endereço do sinal

Esse campo mostra o endereço no servidor remoto MODBUS. Use o teclado numérico na tela para escolher um endereço diferente. Endereços válidos dependem do fabricante e da configuração da unidade remota MODBUS.

Definir nome do sinal

Usando o teclado na tela, o usuário pode fornecer um nome ao sinal. Esse nome será usado quando o sinal for usado em programas.

Valor do sinal

Aqui, o valor atual do sinal é mostrado. Para sinais de registro, o valor é expresso como um número inteiro não designado. Para sinais de saída, o valor do sinal desejado pode ser definido usando o botão. Novamente, para uma saída de registro, o valor para gravar na unidade deve ser fornecido como um número inteiro sem sinal.

Status de conectividade do sinal

Esse ícone mostra se o sinal pode ser lido/gravado devidamente (verde) ou se a unidade responde de forma inesperada ou não pode ser contatada (cinza). Se uma resposta de exceção MODBUS for recebida, o código de resposta será exibido. As respostas de Exceção MODBUS-TCP são:

- E1: FUNÇÃO ILEGAL (0x01) O código de função recebido na consulta não é uma ação permitida para o servidor (ou escravo).
- E2: ENDEREÇO DE DADOS ILEGAL (0x02) O código de função recebido na consulta não é uma ação permitida para o servidor (ou escravo), verifique se o endereço do sinal inserido corresponde à configuração do servidor MODBUS remoto.
- E3: VALOR DE DADOS ILEGAL (0x03) Um valor contido no campo de dados de consulta não é um valor permitido para o servidor (escravo), verifique se o valor do sinal inserido é válido para o endereço especificado no servidor MODBUS remoto.
- E4: FALHA DE DISPOSITIVO ESCRAVO (0x04) Ocorreu um erro irrecuperável enquanto o servidor (ou escravo) estava tentando executar a ação solicitada.
- E5: RECONHECIMENTO (0x05) Uso especializado em conjunto com comandos de programação enviados à unidade MODBUS remota.
- E6: DISPOSITIVO ESCRAVO OCUPADO (0x06) Uso especializado em conjunto com comandos de programação enviados à unidade remota MODBUS, o escravo (servidor) não pode responder agora.

Mostrar Opções Avançadas

Esta caixa de seleção mostra/oculta as opções avançadas para cada sinal.

Opções Avançadas

Frequência de Atualização: Esse menu pode ser usado para alterar a frequência de atualização do sinal. Isso representa a frequência com a qual as solicitações são enviadas à unidade MODBUS remota para leitura ou gravação do valor do sinal. Quando a frequência for definida em 0, então as solicitações de modbus serão iniciadas sob demanda utilizando funções de script `modbus_get_signal_status`, `modbus_set_output_register`, e `modbus_set_output_signal`.

Endereço do Escravo: Esse campo de texto pode ser usado para definir um endereço de escravo específico para as solicitações correspondentes a um sinal específico. O valor deve estar na faixa de 0-255, ambos incluídos, e o padrão é 255. Se esse valor for alterado, recomenda-se consultar o manual do dispositivo MODBUS remoto para verificar sua funcionalidade ao alterar o endereço do escravo.

Reconectar contagem: Número de vezes que a conexão TCP foi fechada e conectada novamente.

Status da conexão: Status de conexão do TCP.

Tempo de resposta [ms:] Tempo entre a solicitação de modbus enviada e a resposta recebida - este é atualizado apenas quando a comunicação estiver ativa.

Erros do pacote Modbus: Número de pacotes recebidos que continham erros (isto é, comprimento inválido, falta de dados, erro de soquete TCP).

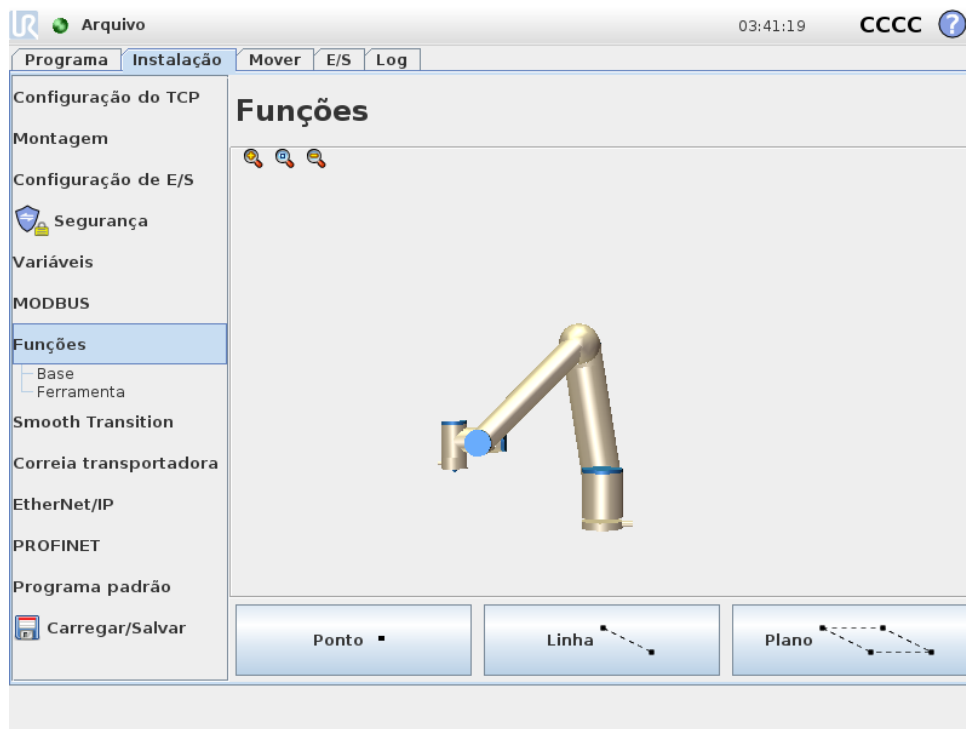
Tempo limite: Número de solicitações de modbus que não obtiveram resposta.

Solicitações falhou: Número de pacotes que não puderam ser enviados devido ao status de soquete inválido.

Freq real.: A frequência média de atualizações de status do sinal cliente (mestre). Este valor é recalculado a cada vez que o sinal recebe uma resposta do servidor (ou escravo).

Todos os contadores contam até 65535 e, em seguida, voltam para 0.

13.12 Funções → da Instalação



O **Recurso** é uma representação de um objeto que foi definida com um nome para referência futura e uma pose de seis dimensões (posição e orientação) em relação à base do robô.

Algumas subpartes de um programa de robô são compostas por movimentos que devem ser executados em relação a objetos específicos que não a base do Braço do Robô. Estes objetos podem ser mesas, outras máquinas, peças, transportadores, paletes, sistemas de visão, espaços em branco ou fronteiras que existem nos arredores do Braço do Robô. Existem sempre dois recursos predefinidos para o robô. Cada recurso tem a seu pose definida pela configuração do próprio Braço do Robô:

- O Recurso Base está localizado com origem no centro da base do robô (consulte a figura 13.1)

- O Recurso Ferramenta está localizado com origem no centro do TCP atual (consulte a figura 13.2)

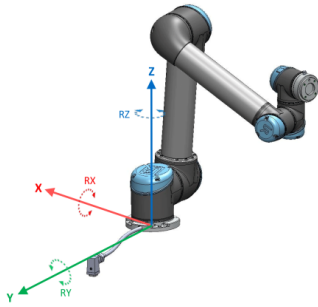


Figura 13.1: Recurso de base

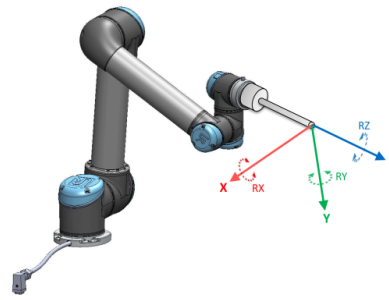


Figura 13.2: Recurso de Ferramenta (TCP)

Os recursos definidos por usuários são posicionados usando um método que usa a pose atual do TCP na área de trabalho. Isso significa que o usuário pode ensinar locais de recursos usando por exemplo o modo Condução Livre ou fazendo movimentos curtos para deslocar o robô para a pose desejada.

Existem três estratégias diferentes (**Ponto**, **Linha** e **Plano**) para definir uma pose de recurso. A melhor estratégia para uma determinada aplicação depende do tipo de objeto que é usado e das exigências de precisão. Em geral, é preferido um recurso que tem por base mais pontos de entrada (**Linha** e **Plano**) caso seja aplicável ao objeto específico.

Para definir com precisão a direção de um transportador linear, defina dois pontos de um recurso Linha com o máximo de separação física possível. O recurso Ponto pode também ser usado para definir um transportador linear. Porém, o usuário tem que apontar o TCP na direção do movimento do transportador.

Usar mais pontos para definir a pose de, por exemplo, uma mesa, significa que a orientação é baseada nas posições em vez da orientação de um único TCP. Uma única orientação TCP é geralmente mais difícil de configurar com alta precisão..

Para saber mais sobre os diferentes métodos para definir um recurso, consulte (seções: 13.12.2), (13.12.3) e (13.12.4).

13.12.1 Usando um recurso

Quando um recurso é definido na instalação, pode recorrer a ele a partir do programa do robô para relacionar os movimentos do robô (por exemplo comandos **Movimento L** e **Movimento P**) para o recurso (consulte a seção 14.5). Isso permite a fácil adaptação de um programa do robô (por exemplo, quando existem várias estações de robô, quando um objeto é dinamicamente movido durante a execução do programa ou quando um objeto é movido permanentemente na cena). Ao ajustar o recurso de um objeto, todos os movimentos do programa relativos ao objeto são movimentados de acordo. Para mais exemplos, veja (seções 13.12.5) e (13.12.6).

Recursos configurados como móveis também são ferramentas úteis para mover manualmente o robô na guia Mover (seção 13.1) ou na tela do **Editor de Pose** (consulte 12.2). Quando um recurso é escolhido como uma referência, os botões da Ferramenta Mover para translações e rotações vão operar no espaço de recurso selecionado (consulte 13.1.2) e (13.1.3),

leitura das coordenadas TCP. Por exemplo, se uma mesa está definida como recurso e é escolhida como uma referência na Guia Mover, as setas de translação (ou seja, cima/baixo, esquerda/direita, frente/trás) movem o robô nestes direções relativamente à mesa. Adicionalmente, as coordenadas TCP estarão no quadro da mesa.

Renomear

Este botão renomeia um recurso.

Excluir

Este botão exclui um recurso selecionado e, caso existam, todos os seus sub-recursos.

Mostrar Eixos

Escolha se os eixos de coordenadas do recurso selecionado devem ser visíveis em gráficos 3D. A opção se aplica nessa tela e na tela Mover.

Alterar o ponto

Use o botão **Alterar este ponto** para definir ou alterar o recurso selecionado. A guia **Mover** (seção 13.1) será exibida e uma nova posição do recurso pode ser definida.

Móvel

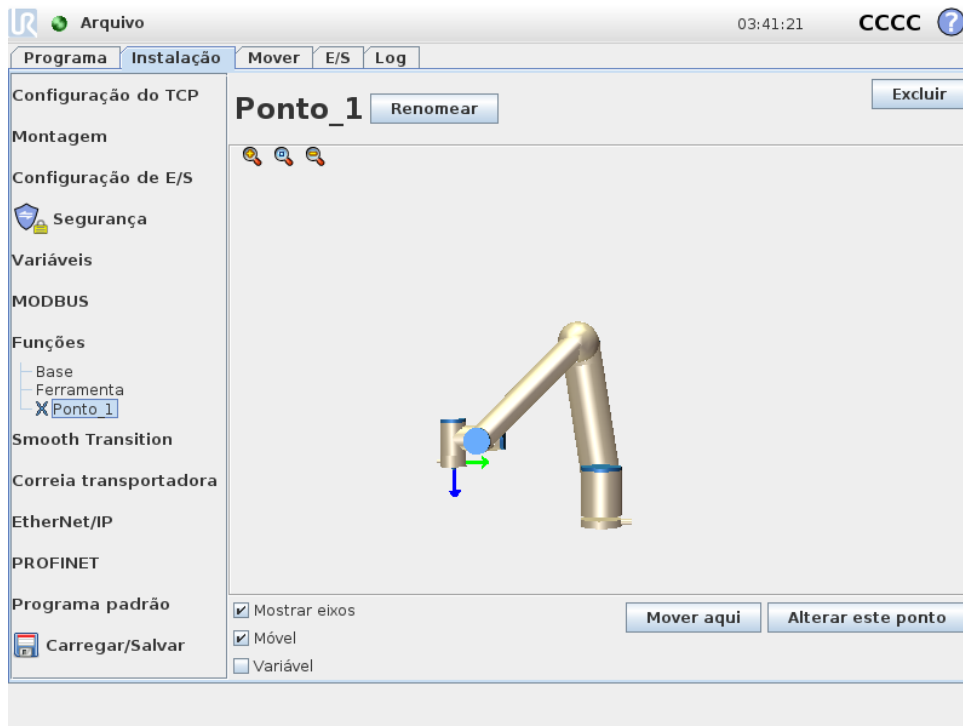
Escolha se o recurso selecionado deve ser móvel. Isso determina se o recurso aparecerá no menu de recursos na tela Mover.

Usar Mover o robô aqui

Aperte o botão **Mover o robô aqui** para mover o robô para a função selecionada. No final desse movimento, os sistemas de coordenadas do recurso e o TCP irão coincidir.

13.12.2 Novo Ponto

Aperte o botão **Ponto** para adicionar um recurso de ponto à instalação. O recurso de ponto define um limite de segurança ou uma configuração inicial global do Braço do Robô. A pose de um recurso de ponto é definida como a posição e a orientação do TCP.



13.12.3 Nova Linha

Pressione o botão **Linha** para adicionar um recurso de linha à instalação. O recurso de linha define linhas que o robô precisa de seguir. (por exemplo, quando realiza o acompanhamento da correia). Uma linha l é definida como um eixo entre dois recursos do ponto $p1$ e $p2$, como mostrado na figura 13.3.

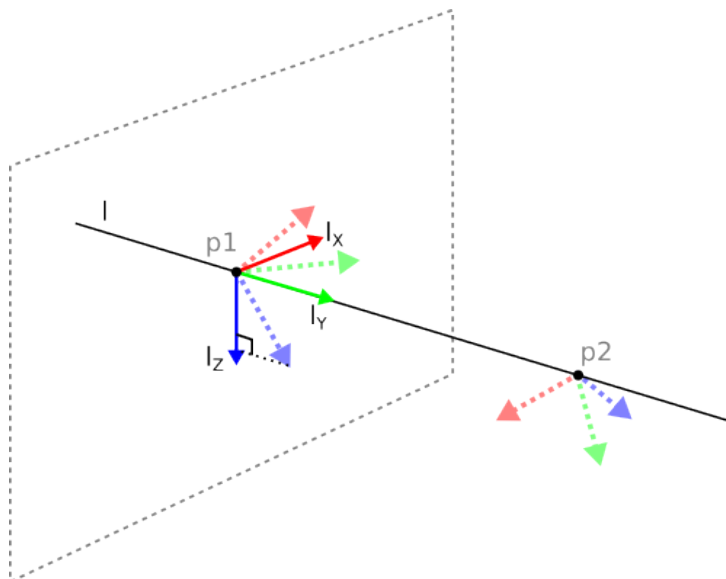
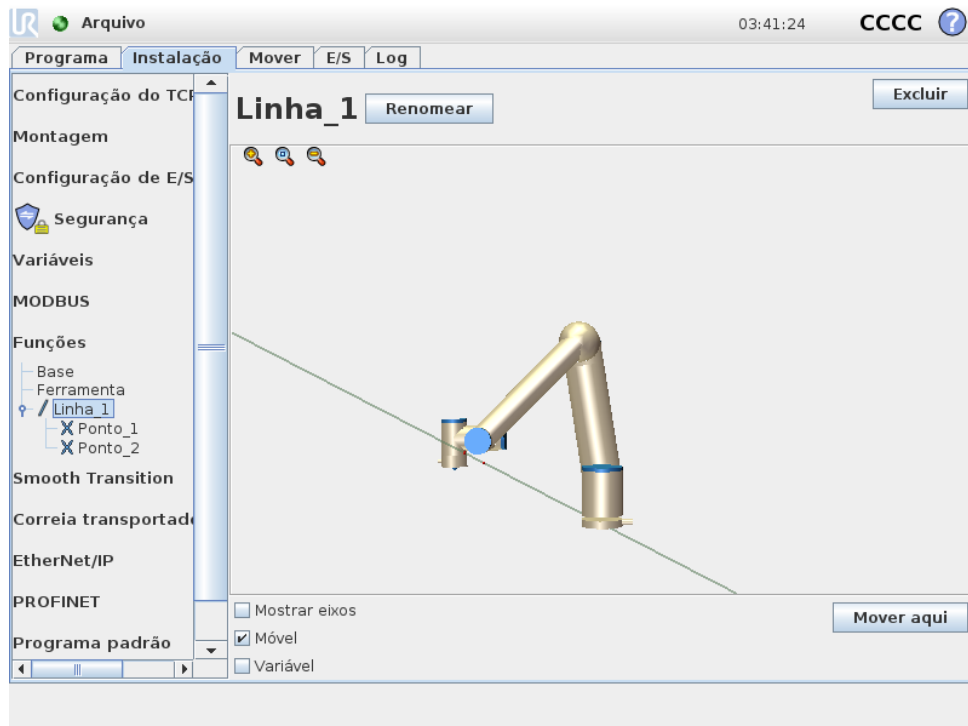


Figura 13.3: Definição do recurso de linha

Na figura 13.3, o eixo direcionado do primeiro ponto para o segundo ponto constituirá o eixo y do sistema de coordenadas da linha. O eixo z é definido pela projeção do eixo z de $p1$ sobre o plano perpendicular à linha. A posição da linha do sistema de coordenadas é a mesma que a posição de $p1$.



13.12.4 Recurso de Plano

Selecione o recurso de plano quando necessitar de uma estrutura com alta precisão, por exemplo ao trabalhar com um sistema de visão ou fazer movimentos em relação a uma mesa.

Adicionar um plano

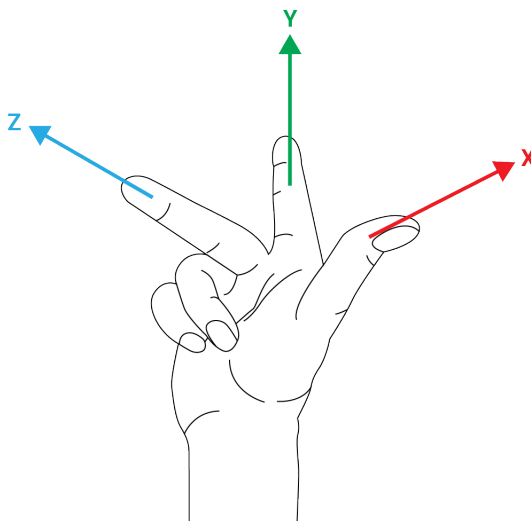
1. Em Instalação, selecione **Recursos**.
2. Em Recursos, selecione **Plano**.

Ensinando um plano

Quando apertar o botão plano para criar um plano novo, o guia na tela ajuda você na criação de um plano.

1. Selecione Origo
2. Mova o robô para definir a direção do eixo x positivo do plano
3. Mova o robô para definir a direção do eixo y positivo do plano

O plano é definido usando a regra da mão direita - assim o eixo z é o produto cruzado do eixo x e eixo y, como ilustrado abaixo.



NOTA:

Podemos re-ensinar o plano na direção oposta do eixo x, se quer que o plano seja normal na direção oposta.

Modifique um plano existente ao selecionar Plano e apertar Modificar Plano. Para isso usará a mesma guia que usa para ensinar um novo plano.

13.12.5 Exemplo: Atualizar manualmente um recurso para ajustar um programa

Considere uma aplicação onde várias partes de um programa do robô são relativas a uma mesa. A figura 13.4 ilustra o movimento dos pontos de rota wp1 até wp4.

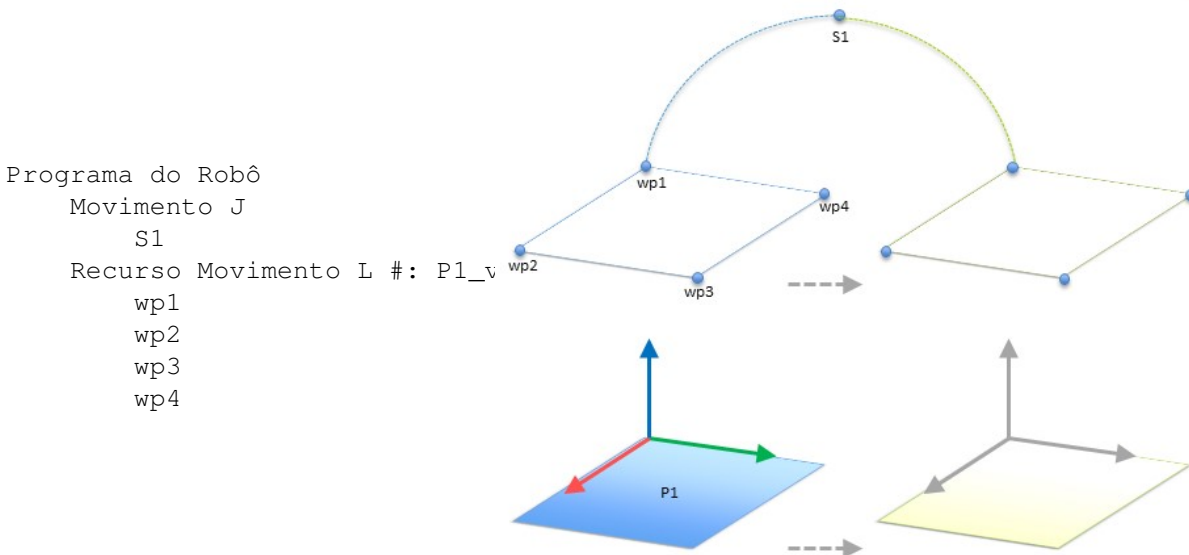


Figura 13.4: Programa simples com quatro pontos de rota em relação a um plano de recurso atualizado manualmente, alterando o recurso

A aplicação requer que o programa seja reutilizado para várias instalações de robô, onde a posição da mesa varia ligeiramente. O movimento relativo à mesa é idêntico. Ao definir a

posição da mesa como um recurso *P1* na instalação, o programa com um comando *Movimento L* configurado em relação ao plano pode ser facilmente aplicado em robôs adicionais apenas atualizando a instalação com a posição real da mesa.

O conceito se aplica a qualquer número de Recursos em um aplicativo, para atingir um programa flexível que pode resolver a mesma tarefa em muitos robôs, mesmo que outros locais no espaço de trabalho possam variar entre as instalações.

13.12.6 Exemplo: Atualizar dinamicamente um recurso de pose

Considere uma aplicação semelhante onde o robô deve se mover em um padrão específico em cima de uma mesa para resolver uma determinada tarefa (veja 13.5).

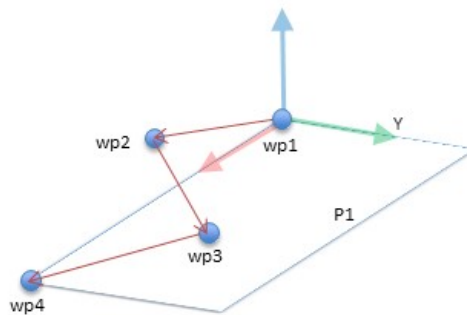


Figura 13.5: Um comando *MoveL* com quatro pontos de rota em relação a um recurso de plano

O movimento relativo a *P1* é repetido várias vezes, cada vez por um valor de desvio o . Neste exemplo, a compensação foi definida como de 10 cm na direção Y (consultar figura 13.6, compensações *O1* e *O2*). Isto é realizado usando, por exemplo, as funções de script *pose_add()* ou *pose_trans()* para manipular a variável.

```
Programa do Robô
Movimento J
  wp1
  y = 0,01
  o = p[0,y,0,0,0,0]
  P1_var = pose_trans(P1_var, o)
Recurso Movimento L #: P1_var
  wp1
  wp2
  wp3
  wp4
```

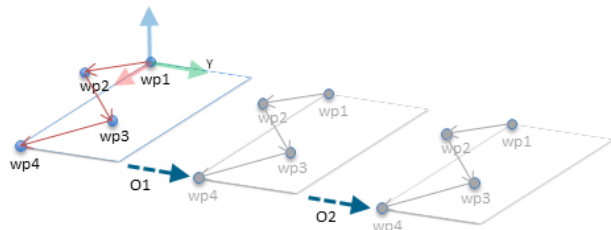


Figura 13.6: Aplicação de um desvio para o recurso de plano

É possível alternar para um recurso diferente enquanto o programa está sendo executado em vez de adicionar um desvio. Isto é mostrado no exemplo abaixo (consulte a figura 13.7) onde o recurso de referência para o comando *Movimento L* *p1_var* pode alternar entre dois planos *P1* e *P2*.

13.13 Configuração de acompanhamento da correia

Quando uma correia transportadora é usada, o robô pode ser configurado para acompanhar seu movimento. A configuração Acompanhamento da correia oferece opções para configurar

Programa do Robô

```

Movimento J
  S1
  se (entrada_digital[0]) ent
    P1_var = P1
  senão
    P1_var = P2
Recurso Movimento L #: P1_v
  wp1
  wp2
  wp3
  wp4

```

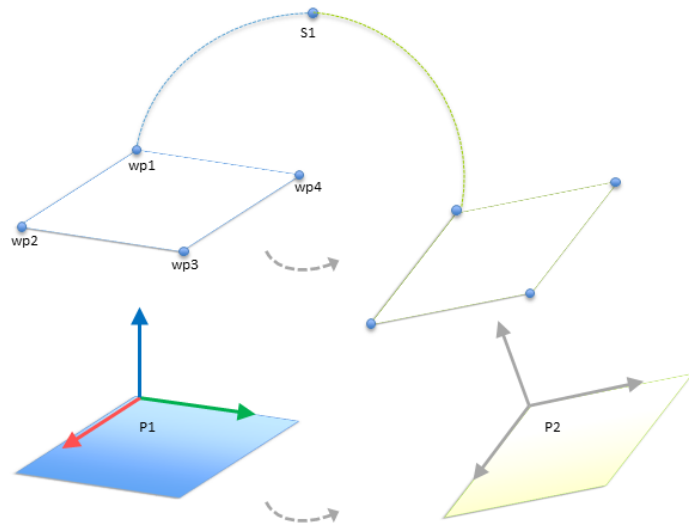


Figura 13.7: Troca de um recurso de plano para outro

o robô para trabalhar com codificadores absolutos e incrementais, assim como com correias transportadoras lineares e circulares.

Parâmetros da Correia

Os codificadores: incrementais podem ser conectados às entradas digitais 0 a 3. A decodificação de sinais digitais é executada a 40kHz. Usando um codificador de **Quadratura** (exigindo duas entradas), o robô pode determinar a velocidade e a direção da correia transportadora. Se a direção da correia transportadora for constante, é possível usar uma entrada única, detectando extremidades de *Aumento*, *Queda* ou *Aumento e Queda* para determinar a velocidade da correia transportadora.

Os codificadores: absolutos podem ser conectados por meio de um sinal MODBUS. Isso exige que um registro de entrada MODBUS digital seja pré-configurado na (seção 13.11).

Correias transportadoras lineares

Quando a correia transportadora linear é selecionada, é necessário configurar um recurso de linha na parte **Recursos** da instalação, para determinar a direção da correia. O recurso linear deve ser paralelo à direção da correia transportadora e deve haver uma distância grande entre os dois pontos que definem o recurso de linha. Configure o recurso de linha colocando a ferramenta firmemente contra a lateral da correia ao ensinar os dois pontos. Se o sentido do recurso da linha for oposto ao movimento da correia, use o botão **Sentido inverso**.

O campo **Ocorrências por metro** exibe o número de ocorrências que o codificador gera quando a correia transportadora se move um metro.

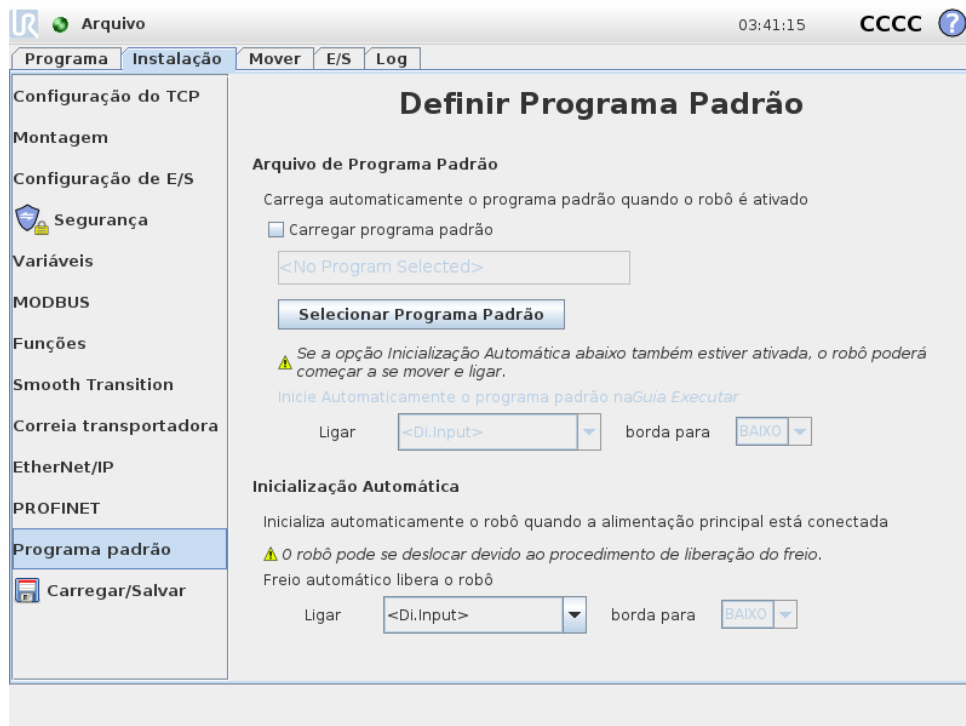
$$\text{Ocorrências por metro} = \frac{\text{ocorrências por revolução do codificador}}{2\pi \cdot \text{raio do disco do codificador[m]}} \quad (13.1)$$

Correias transportadoras circulares

O ponto central do transportador deve ser definido para acompanhar um transportador circular.

1. Defina o ponto central na parte da instalação relativa a **Recursos**. O valor de **Ocorrências por revolução** deve ser o número de ocorrências que o codificador gera quando a correia transportadora gira uma revolução completa.
2. Selecione a caixa de seleção **Girar ferramenta com correia transportadora** se a orientação da ferramenta deve ser feita com respeito ao transportador (por ex. se a ferramenta estiver perpendicular ao transportador, mantém-se perpendicular durante o movimento).
3. Desassinale a caixa de seleção **Girar ferramenta com correia transportadora** se a orientação da ferramenta deve ser controlada pela trajetória.

13.14 Instalação → Programa Padrão



A tela de Inicialização contém configurações para carregar automaticamente e iniciar um programa padrão, bem como para inicializar automaticamente o Braço do Robô durante a energização.



ALERTA:

1. Quando o carregamento automático, iniciar automático e inicializar automático estiverem habilitados, o robô executa o programa assim que a Caixa de Controle for ligada se o sinal de entrada corresponder ao nível de sinal selecionado. Por exemplo, a borda de transição para o nível de sinal selecionado não será necessária nesse caso.
2. Use precaução quando o nível do sinal for definido como BAIXO. Os sinais de entrada, por padrão, são baixos: levando o programa a correr automaticamente sem ser ativado por um sinal externo.

Carregar um Programa Padrão

Será carregado um programa padrão quando a Caixa de Controle for ligada. Além disso, o programa padrão é também carregado automaticamente quando a tela **Executar Programa** (consulte 11.4) for acessada e nenhum programa for carregado.

Iniciar um Programa Padrão

O programa padrão é automaticamente iniciado na tela **Executar Programa**. Quando o programa padrão é carregado e a transição de borda do sinal de entrada externa especificada é detectada, o programa será iniciado automaticamente.

Ao inicializar, o nível do sinal de entrada atual é indefinido. Escolher uma transição que corresponde ao nível do sinal ao inicializar, vai iniciar automaticamente o programa. Além disso, sair da tela **Executar Programa** ou tocar no botão de Parada no Painel irá desabilitar a função de início automático até que o botão Executar seja novamente pressionado.

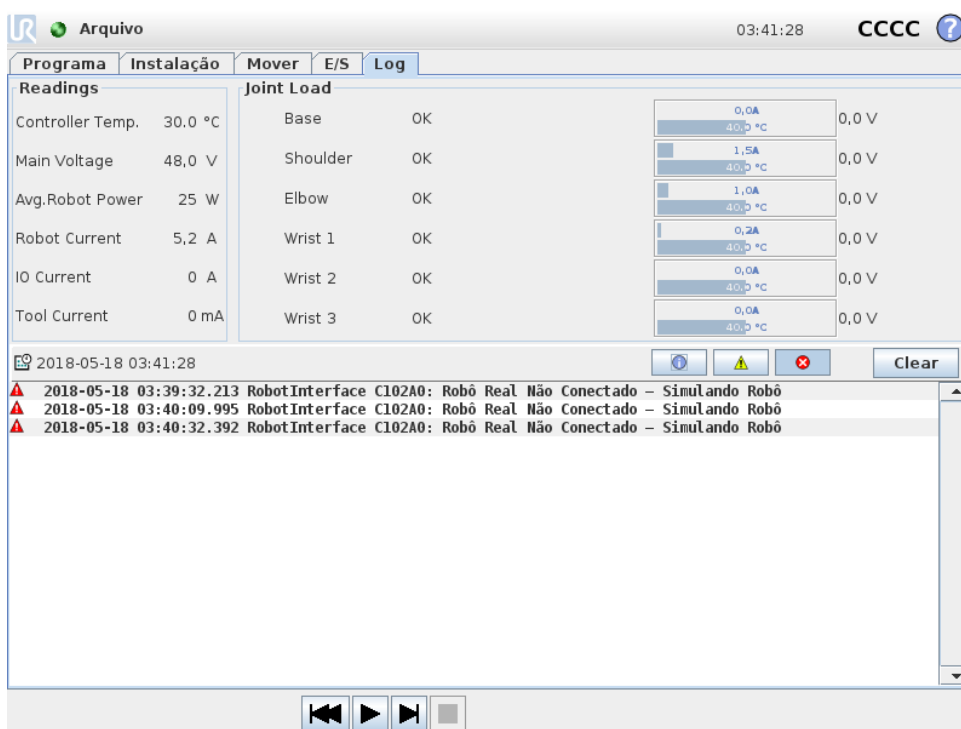
Inicialização Automática

O Braço do Robô é inicializado automaticamente. Na transição de borda do sinal de entrada externa especificada, o Braço do Robô será completamente inicializado, independentemente da tela exibida.

A Liberação de Freio é a fase de inicialização final. Durante a Liberação de Freio, o Braço do Robô realiza pequenos movimentos e emite barulhos tipo clique. Além disso, os freios não podem ser automaticamente liberados se a montagem configurada não corresponder à montagem detectada pelos dados do sensor. Nesse caso, o robô precisa ser iniciado manualmente na tela de inicialização (consulte 11.5).

Ao inicializar, o nível do sinal de entrada atual é indefinido. Escolher uma transição que corresponde ao nível do sinal ao inicializar, vai iniciar automaticamente o Braço do Robô.

13.15 Guia Log



Integridade do Robô A metade superior da tela exibe a integridade do Braço do Robô e Caixa de Controle.

O lado esquerdo da tela mostra informação relacionada com a Caixa de Controle, enquanto o lado direito da tela mostra informação relacionada com as articulações do robô. Cada articulação do mostra informações sobre temperatura do motor e de componentes eletrônicos, a carga da articulação e a tensão.

Log do robô As mensagens são mostradas na metade inferior da tela. A primeira coluna classifica a gravidade da entrada de log. A segunda coluna exibe a hora de chegada das mensagens. A próxima coluna exibe o remetente da mensagem. A última coluna mostra a mensagem em si. As mensagens podem ser filtradas por meio dos botões de alternância, em função da importância do registro. A figura acima mostra que os erros serão exibidos enquanto as mensagens de alerta e informações serão filtradas. Algumas mensagens de log são elaboradas para fornecer mais informações (acessíveis selecionando a entrada de log).

13.15.1 Salvando Relatórios de Erros

Logo que ocorra um erro no PolyScope, é gerado um registro do erro. No Guia de Registro, pode acompanhar e/ou exportar relatórios gerados para uma unidade USB (consulte 13.15). A lista de erros seguintes pode ser acompanhada e exportada:

- Falha
- Exceções PolyScope internas
- Parada de Proteção

13.16 Tela de Carregamento

- Exceção sem tratamento no URCap
- Violação

O relatório exportado contém: um programa de usuário, um histórico de log, uma instalação e uma lista de serviços de execução.

Relatório de Erros É disponibilizado um relatório de status detalhado quando um ícone de clipe é exibido na linha de log.

- Selecione a linha de log e toque no botão Salvar Relatório para salvar o relatório para uma unidade USB.
- O relatório pode ser salvo enquanto o programa está sendo executado.



NOTA:

O relatório mais antigo é excluído quando um novo relatório é gerado. Somente os 5 relatórios mais recentes são armazenados.

13.16 Tela de Carregamento

Nessa tela, você escolhe qual programa carregar. Há duas versões dessa tela: uma delas é usada quando você deseja apenas carregar um programa e executá-lo e aquela usada quando você quer realmente editar um programa.

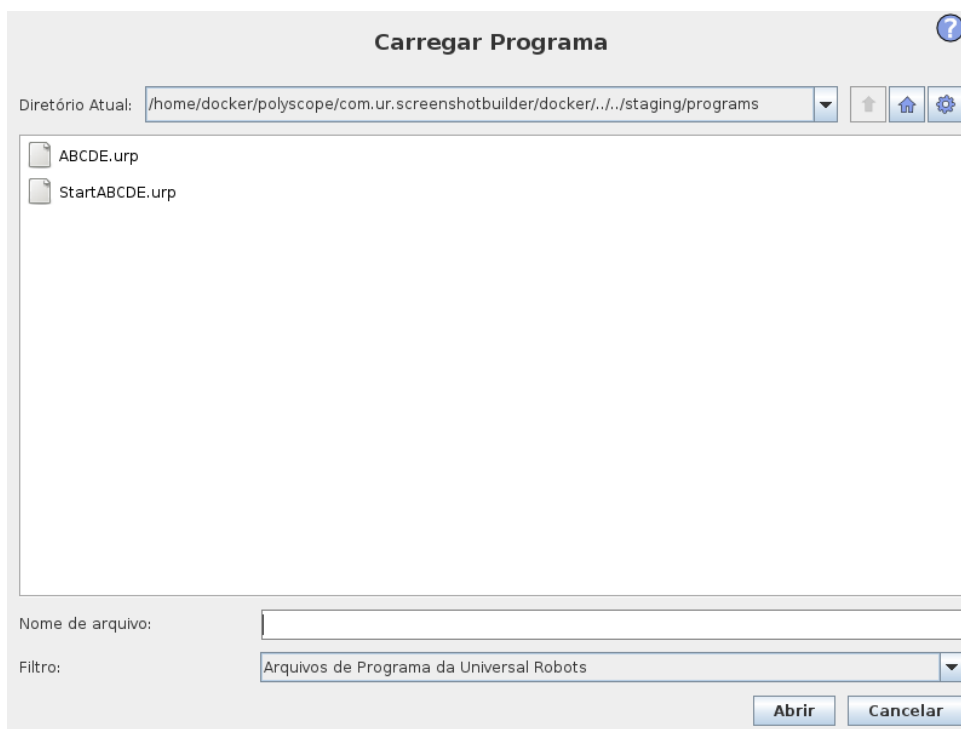


NOTA:

Executar o programa de uma unidade USB não é recomendado. Para executar um programa armazenado em uma unidade USB, primeiramente carregue o programa e salve-o na pasta `programas` por meio da opção **Salvar Como...** no menu **Arquivo**.

A principal diferença reside nas ações disponíveis para o usuário. Na tela de carregamento básico, o usuário poderá somente acessar arquivos - não modificá-los ou apagá-los. Além disso, o usuário não pode deixar a estrutura de diretórios que descende da pasta `programas`. O usuário pode descender a um subdiretório, mas não pode ficar mais alto que a pasta `programas`. Portanto, todos os programas devem ser colocados na pasta `programas` e/ou em suas subpastas.

Layout da tela



Esta imagem mostra a tela de carregamento real. Ela consiste nas seguintes áreas e botões:

Histórico de caminho O histórico de caminho mostra a lista de caminhos que levam ao local atual. Isso significa que todos os diretórios pai até a raiz do computador são mostrados. Aqui, você observará que pode não ser possível acessar todos os diretórios encontrados acima da pasta programas.

Ao selecionar o nome de pasta na lista, a caixa de diálogo de carregamento altera para esse diretório e o exibe na área de seleção de arquivos (consulte 13.16).

Área de seleção de arquivos Nessa área do diálogo, o conteúdo da área real está presente. Fornece ao usuário a opção de selecionar um arquivo com apenas um clique em seu nome ou abri-lo com um duplo clique.

Os diretórios são selecionados por um toque longo de aproximadamente 0,5 s. Descer para uma pasta e apresentar o seu conteúdo são feitos com um único clique sobre ela.

Filtro de arquivos Por meio do filtro de arquivos, é possível limitar os arquivos mostrados a fim de incluir o tipo de arquivos desejado. Ao selecionar **Backup de Arquivos**, a área de seleção de arquivos exibirá as 10 versões mais recentes salvas de cada programa, em que `.old0` é a mais nova e `.old9` é a mais antiga.

Campo de arquivo Aqui, o arquivo atualmente selecionado é mostrado. O usuário tem a opção de inserir o nome do arquivo manualmente clicando no ícone do teclado à direita do campo. Isso fará com que apareça na tela um teclado, com o qual o usuário pode inserir o nome do arquivo diretamente na tela.

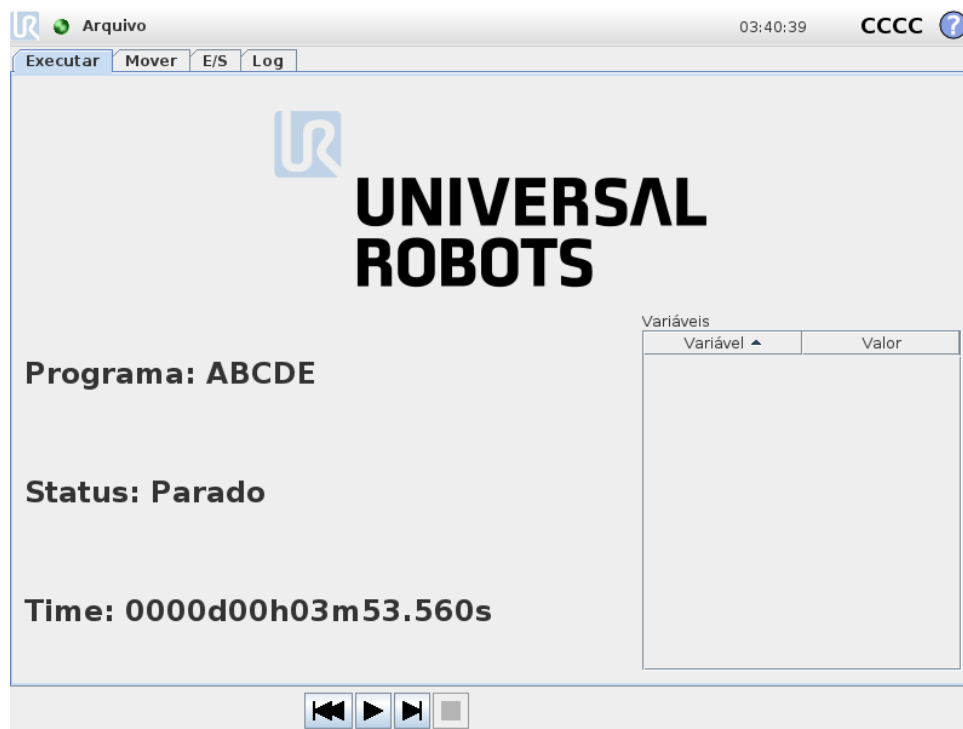
Botão Abrir Clicar no botão Abrir abrirá o arquivo selecionado e retornará à tela anterior.

Botão Cancelar Clicar no botão Cancelar abortará o processo de carregamento atual e fará com que a tela alterne para a imagem anterior.

Botões de ação Uma série de botões oferece ao usuário a capacidade de executar algumas das ações que normalmente estariam acessíveis clicando com o botão direito em um nome de arquivo, em um diálogo de arquivo convencional. Além disso, existe a possibilidade de se deslocar para cima, na estrutura do diretório, e diretamente para a pasta de programas.

- **Pai:** Deslocamento para cima na estrutura de diretórios. O botão não será ativado em dois casos: quando o diretório atual for o diretório superior ou se a tela estiver no modo limitado e o diretório atual for a pasta do programa.
- **Ira para a pasta do programa:** Ir para o início
- **Ações:** Ações como criar diretório, excluir arquivo etc.

13.17 Guia Executar



Esta guia fornece uma maneira simples de operar a caixa de controle e o braço do robô, com o menor número de botões e opções possível. Isso pode ser útil se combinado à proteção por senha da parte de programação do PolyScope (consulte 15.3) para transformar o robô em uma ferramenta que possa executar exclusivamente programas pré-gravados.

Além disso, neste guia, um programa padrão pode ser carregado e iniciado automaticamente com base em uma transição de borda do sinal da entrada externa (consulte 13.14). A combinação entre o carregamento e inicialização automáticos de um programa padrão e a inicialização automática da alimentação pode, por exemplo, ser usada para integrar o braço do robô em outras máquinas.

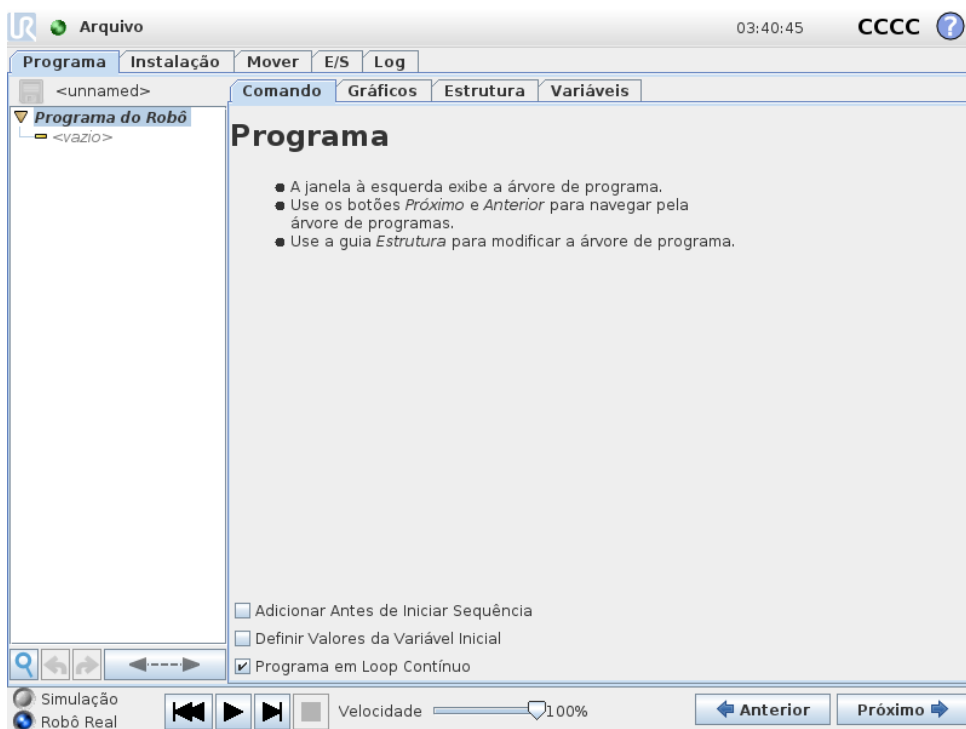
14 Programação

14.1 Novo Programa



Um novo programa de robô pode ser iniciado de um *modelo* ou de um programa de robô existente (salvo). Um *modelo* pode fornecer a estrutura geral do programa, portanto, somente os detalhes do programa precisam ser preenchidos.

14.2 Guia Programa



A guia programa mostra o programa atual que está sendo editado.

14.2.1 Árvore de Programas




A **Árvore de Programas** do lado esquerdo da tela exibe o programa como uma lista de comandos, enquanto que a área do lado direito da tela exibe informações relacionadas ao comando atual.


O comando atual é selecionado clicando a lista de comandos ou usando os botões **Próximo** e **Anterior** na parte inferior direita da tela. Comandos podem ser inseridos ou removidos usando a guia **Estrutura**. O nome do programa é mostrado diretamente acima da lista de comandos, com um ícone pequeno de um disco que pode ser clicado para salvar o programa rapidamente.

Na **Árvore De Programas**, o comando em execução é destacado, como descrito em 14.2.2.



14.2.2 Indicação de execução de programa





A **Árvore de Programas** contém dicas visuais que indicam o comando que o controlador do robô está executando. Um pequeno ícone  é exibido à esquerda do ícone do comando, e o nome do comando em execução e dos comandos dos quais ele é subcomando (geralmente identificado pelos ícones /) são destacados em azul. Assim o usuário pode localizar o comando em execução na árvore.

Por exemplo, se o braço do robô está se movendo para um ponto de rota, o subcomando de ponto de rota correspondente é indicado com o ícone  e seu nome é mostrado em azul, assim como o comando Mover (consulte 14.5) do qual ele é um subcomando.



Se o programa for interrompido, o ícone de execução do programa marcará o último comando que estava em execução.

Clique no botão com o ícone  abaixo da Árvore de Programas para passar para o comando em execução ou o último comando executado na árvore. Se você clicar em um comando enquanto um programa está em execução, a guia Comando continuará exibindo as informações do comando selecionado. Pressione o botão  para que a guia Comando volte a mostrar continuamente informações sobre os comandos em execução no momento.

14.2.3 Botão Pesquisar

Toque em  para realizar uma procura de texto na Árvore de Programas. Ao ser clicado, um texto de pesquisa pode ser inserido e os nós do programa que correspondem ao texto serão destacados em amarelo. Adicionalmente, são disponibilizados botões de navegação para percorrer os resultados. Pressione o ícone  para sair do modo de pesquisa. Nota: A Árvore de Programas deve ser ampliada para acessar os botões de navegação adicionais.

14.2.4 Botões Desfazer/Refazer

Os botões com os ícones  e  na barra de ferramentas por baixo da Árvore de Programas servem para desfazer e refazer mudanças na árvore e nos comandos que ela contém.

14.2.5 Painel do programa

A parte mais baixa da tela é o *Painel*. O *Painel* apresenta um conjunto de botões semelhante a um gravador de fita antigo, a partir do qual programas podem ser iniciados e parados, recuperados em etapa única e reiniciados. O *botão deslizante de velocidade* permite ajustar a velocidade do programa a qualquer momento, o que afeta diretamente a velocidade na qual o robô se move. Além disso, o *botão deslizante de velocidade* mostra em tempo real a velocidade relativa na qual o robô braço se move, tendo em conta as definições de segurança. A percentagem indicada é a velocidade máxima possível do programa em execução sem que sejam causadas violações dos limites de segurança.

À esquerda do *Painel*, os botões *Simulação* e *Robô Real* alternam entre a execução do programa como simulação ou sua execução como robô real. Ao executar em simulação, o braço do robô não se move e, assim, não pode se danificar nem colidir contra nenhum equipamento próximo. Use a simulação para testar programas se estiver incerto de quais movimentos o braço do robô fará.



PERIGO:

1. Certifique-se de ficar fora do espaço de trabalho do robô quando o botão *Reproduzir* seja pressionado. O movimento que você programou pode ser diferente do esperado.
2. Use o botão *Etapa* apenas quando for absolutamente necessário. Mantenha-se afastado do espaço de trabalho do robô quando o botão *Etapa* estiver pressionado.
3. Sempre teste seu programa com a velocidade reduzida com o controle deslizante de velocidade. Erros de programação lógica realizados pelo integrador podem causar movimentos inesperados do braço do robô.
4. Quando uma parada de emergência ou uma parada de proteção tiver ocorrido, o programa do robô irá parar. Ele pode ser reiniciado contanto que nenhuma articulação tenha se movido mais de 10°. Ao pressionar reproduzir, o robô se moverá lentamente de volta para a trajetória e continuará a execução do programa.

Enquanto o programa está sendo gravado, a movimentação resultante do braço do robô é ilustrada usando um desenho 3D na guia *Gráficos*, descrita na 14.29.

Ao lado de cada comando do programa está um pequeno ícone, que é vermelho, amarelo ou verde. Um ícone vermelho significa que há um erro no comando, amarelo significa que o comando não está concluído e verde significa que tudo está OK. Um programa pode ser executado somente quando todos os comandos estiverem verdes.

14.3 Variáveis

Um programa robô pode fazer uso de variáveis para armazenar e atualizar vários valores durante a execução. Existem duas classes de variáveis:

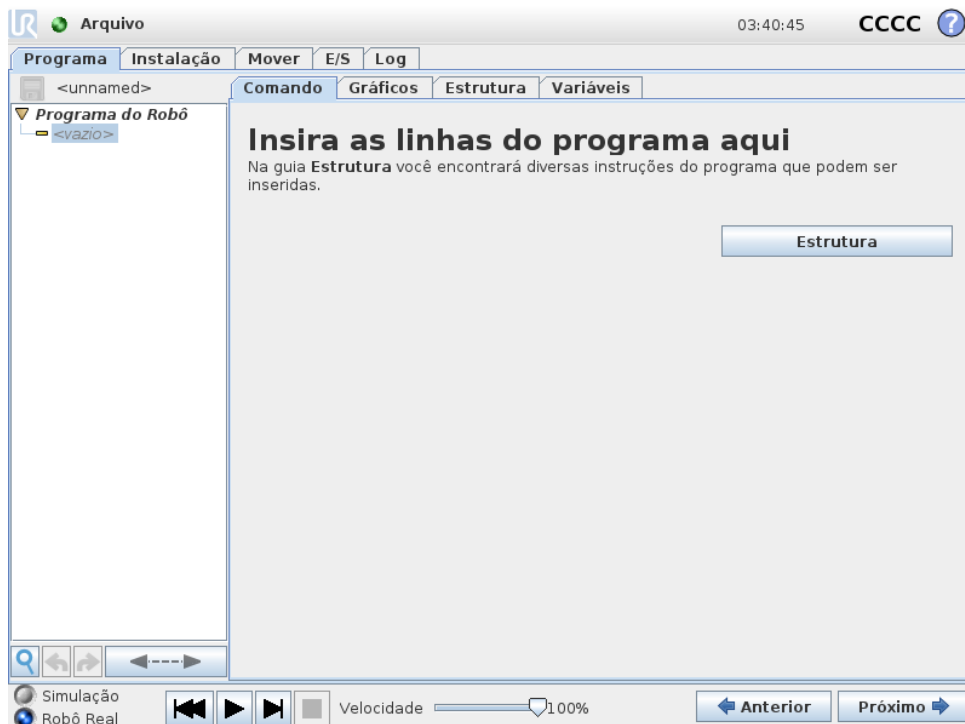
Variáveis de instalação: Estas podem ser usadas por vários programas e seus nomes e valores permanecem juntos com a instalação do robô (consulte 13.10). As variáveis de instalação mantêm seu valor após o robô e a caixa de controle serem reiniciadas.

Variáveis de programa regulares: Estas estão disponíveis apenas para o programa em execução e seus valores se perdem assim que o programa é interrompido.

Estão disponíveis os seguintes tipos de variáveis:

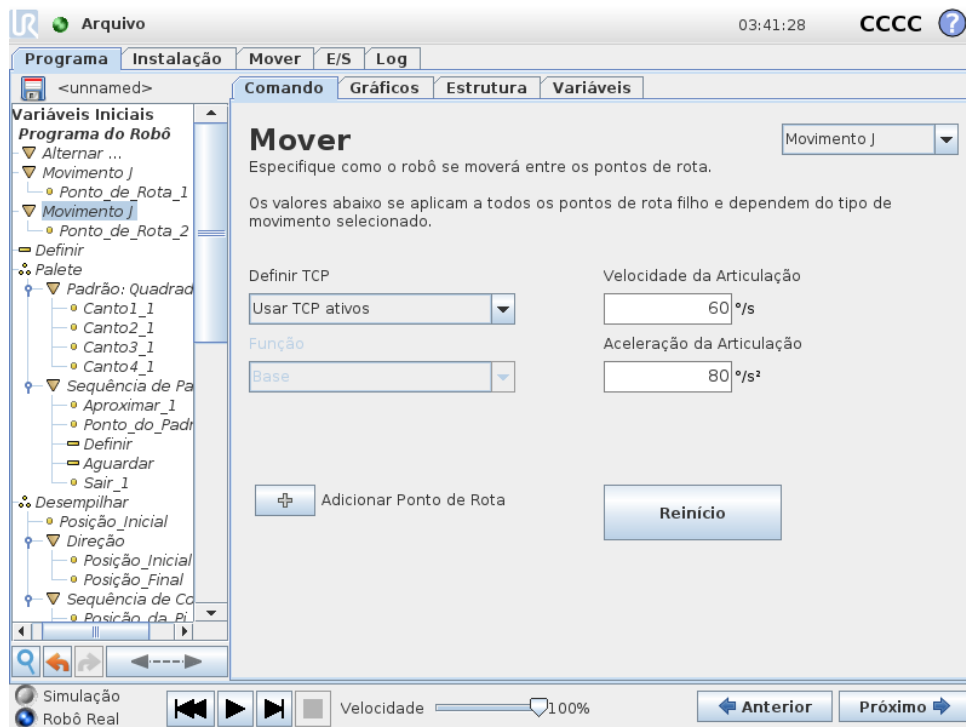
| | |
|---------------|---|
| <i>bool</i> | Variável booleana cujo valor é <code>True</code> ou <code>False</code> . |
| <i>int</i> | Um número inteiro no intervalo entre -2147483648 e 2147483647 (32 bits). |
| <i>float</i> | Um número do ponto de flutuação (decimal) (32 bits). |
| <i>string</i> | Sequência de caracteres. |
| <i>pose</i> | Vetor que descreve a localização e orientação no plano cartesiano. Ele é a combinação do vetor positivo (x, y, z) e a rotação do vetor (rx, ry, rz) representando a orientação, ou seja, $p[x, y, z, rx, ry, rz]$. |
| <i>list</i> | Uma sequência de variáveis. |

14.4 Comando: Vazio



Comandos do programa precisam ser inseridos aqui. Pressione o botão **Estrutura** para acessar a guia de estrutura, onde as várias linhas selecionáveis do programa podem ser encontradas. Um programa não pode ser executado antes que todas as linhas sejam especificadas e definidas.

14.5 Comando: Mover



O comando **Mover** controla a movimentação do robô por meio de pontos de rota subjacentes. Os Pontos de Rota precisam estar sob o comando Mover. O comando Mover define a aceleração e a velocidade em que o braço do robô se moverá entre esses pontos de rota.

Tipos de movimentos

Pode selecionar um de três tipos de movimentos: **Movimento J**, **Movimento L** e **Movimento P**. Cada tipo é explicado abaixo.

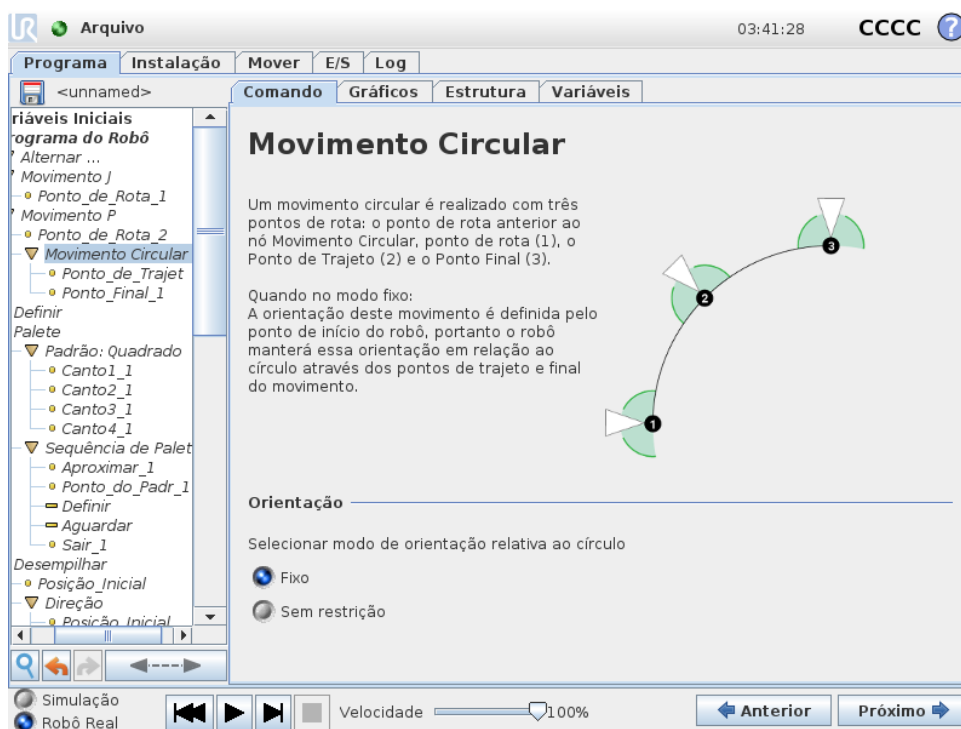
- O **Movimento J** faz movimentos que são calculados no **espaço de articulação** do braço do robô. Cada articulação é controlada para atingir o local final desejado ao mesmo tempo. Esse tipo de movimento resulta em um caminho curvo para a ferramenta. Os parâmetros compartilhados que se aplicam a esse tipo de movimento são a velocidade máxima da articulação e a aceleração da articulação, que devem ser usados para os cálculos do movimento, especificados em *graus/s* e *graus/s²*, respectivamente. Se for desejado que o braço do robô se mova rapidamente entre pontos de rota, desconsiderando o caminho da ferramenta entre esses pontos de rota, esse tipo de movimento será a opção preferencial.
- O **Movimento L** move o Ponto Central da Ferramenta (TCP) linearmente entre pontos de rota. Isso significa que cada articulação executa uma movimentação mais complicada para manter a ferramenta em um caminho de linha reta. Os parâmetros compartilhados que podem ser definidos para esse tipo de movimento são a velocidade desejada da ferramenta e a aceleração da ferramenta especificadas em *mm/s* e *mm/s²*, respectivamente, além de um recurso. O recurso selecionado determinará qual o espaço de recurso em que estão representadas as posições da ferramenta dos pontos de rota.
- O **Movimento P** move a ferramenta linearmente com velocidade constante com uniões circulares e é destinado a algumas operações do processo, como colar e descartar. O tamanho

do raio de união é por padrão um valor compartilhado entre todos os pontos de rota. Um valor menor fará o caminho se tornar mais angular, enquanto que um valor mais alto fará o caminho mais suave. Enquanto o braço do robô estiver se movendo pelos pontos de rota com velocidade constante, a caixa de controle do robô não poderá esperar por uma operação de E/S ou uma ação do operador. Fazer isso poderá parar a movimentação do braço do robô ou causar uma parada de proteção.

- **Movimento circular** pode ser adicionado a um **Movimento P** para fazer um movimento circular. O robô inicia o movimento a partir de sua posição atual ou ponto de início, movimenta-se através de um **Ponto de Trajeto** especificado no arco circular, e um **Ponto Final**, que completa o movimento circular.

Um modo é usado para calcular a orientação da ferramenta, através do arco circular. O modo pode ser:

- Fixo: apenas o ponto de início é usado para definir a orientação da ferramenta
- Sem restrição: o ponto de início se transforma em **Ponto Final** para definir a orientação da ferramenta



Parâmetros compartilhados

Os parâmetros compartilhados no canto inferior direito da tela Mover se aplicam ao movimento da posição anterior do braço do robô para o primeiro ponto de rota sob o comando e de lá para cada um dos pontos de rota a seguir. As configurações do comando Mover não se aplicam ao caminho que sai do último ponto de rota sob esse comando Mover.

Seleção do TCP

Selecione o TCP usado para pontos de rota sob o comando Mover partir do menu suspenso. É possível selecionar a partir de TCPs definidos por usuário da instalação, o TCP ativo ou simplesmente usando o flange da ferramenta. Se um TCP definido por usuário ou TCP ativo é selecionado, o movimento sob este comando Mover será ajustado respeitando isso. Se Usar

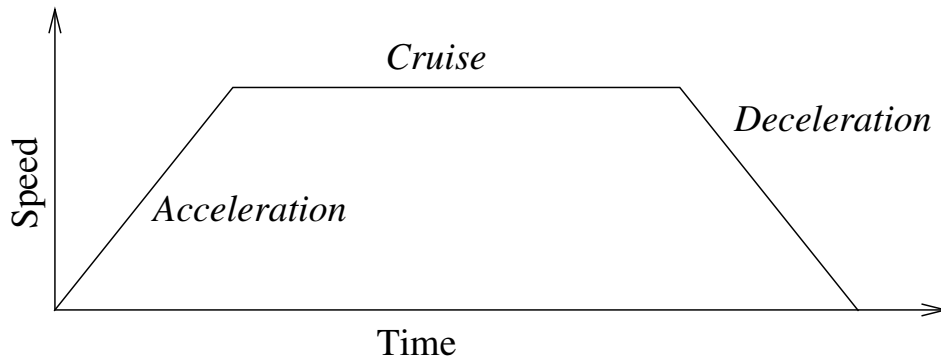


Figura 14.1: Perfil de velocidade para uma movimentação. A curva é dividida em três segmentos: *aceleração*, *cruzeiro* e *desaceleração*. O nível da fase de *cruzeiro* é fornecido pela configuração de velocidade da movimentação, enquanto que o grau das fases de *aceleração* e de *desaceleração* é fornecido pelo parâmetro de aceleração.

Flange de Ferramenta for selecionado, nenhum TCP é usado e o movimento sob o comando Mover será em relação ao flange da ferramenta (ou seja, sem ajustes para o movimento).

Se o TCP ativo deste movimento é determinado durante o tempo de execução do programa, precisa ser definido dinamicamente usando o comando Definir (consulte 14.10) ou usando comandos de script. Para mais informações sobre a configuração de TCPs nomeados, (consulte 13.6).

Seleção de recurso

O espaço de recurso de pontos de rota sob o comando Mover, que deve ser representado ao especificar estes pontos de rota (veja a seção 13.12). Isso significa que, ao configurar um ponto de rota, o programa se lembrará das coordenadas da ferramenta no espaço de recurso do recurso selecionado. Há algumas circunstâncias que precisam de explicação detalhada:

Pontos de rota relativos: O recurso selecionado não afeta os pontos de rota relativos. O movimento relativo é sempre feito com relação à orientação da **Base**.

Pontos de rota variáveis: Quando o braço do robô se move para um ponto de rota variável, a posição de destino da ferramenta é calculada como as coordenadas da variável no espaço do recurso selecionado. Portanto, o movimento do braço do robô para um ponto de rota variável mudará se outro recurso for selecionado.

Recurso variável: Se qualquer um dos recursos na instalação atualmente carregada for selecionado para ser variável, essas variáveis correspondentes também poderão ser selecionadas no menu de seleção de recursos. Se uma variável de recurso (cujo nome é o nome do recurso seguido por “_var”) for selecionada, as movimentações do braço do robô (exceto para **Pontos de rota relativos**) dependerão do valor real da variável quando o programa estiver em execução. O valor inicial de uma variável de recurso é o valor do recurso real configurado na instalação. Se o valor for modificado, o movimento do robô será alterado.

14.6 Comando: Ponto de Rota Fixo



Um ponto no caminho do robô. Os Pontos de rota são a parte mais central de um programa do robô, indicando ao braço do robô onde ele deve estar. Um ponto de rota de posição fixa é fornecido movendo fisicamente o braço do robô para a posição.

Como configurar o ponto de rota

Pressione esse botão para entrar na tela Mover, na qual é possível especificar a posição do braço do robô para esse ponto de rota. Se o ponto de rota for colocado sob um comando Mover no espaço linear (**Movimento L** ou **Movimento P**), precisará haver um recurso válido selecionado nesse comando Mover para que esse botão possa ser pressionado.

Nomes de pontos de rota

Os pontos de rota recebem automaticamente um nome único. O nome pode ser alterado pelo usuário. Ao selecionar o ícone de ligação, os pontos de rota são unidos e compartilham informação posicional. Outras informações do ponto de rota, como o raio de união e a velocidade/aceleração da articulação/ferramenta estão configuradas para cada ponto de rota individual, mesmo que eles estejam ligados.

União de agentes

A União de agentes permite que o robô faça a transição suavemente entre duas trajetórias, sem precisar parar no ponto de rota entre eles.

Exemplo Considere como exemplo uma aplicação de pegar e colocar (consulte a figura 14.2), em que o robô está atualmente no ponto de rota 1 (WP_1) e precisa pegar um objeto no

ponto de rota 3 (WP_3). Para evitar colisões com o objeto e outros obstáculos (O), o robô deve se aproximar WP_3 no sentido proveniente do ponto de rota 2 (WP_2). Desse modo, os três pontos de rota são introduzidos para criar um caminho que satisfaça os requisitos.

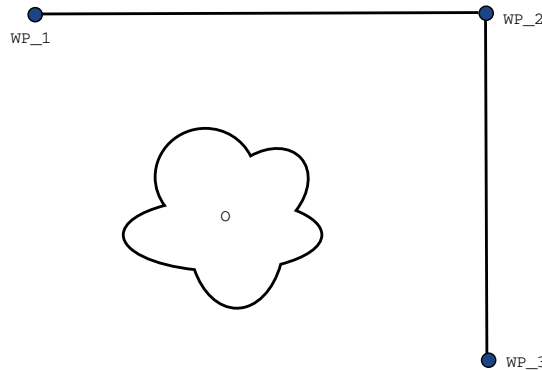


Figura 14.2: WP_1: posição inicial WP_2: ponto do trajeto, WP_3: posição de pegar, O: obstáculo.

Sem configurar outras definições, o robô fará uma parada em cada ponto de rota antes de prosseguir com o movimento. Para esta tarefa, uma parada em WP_2 não é ideal, uma vez que um giro suave requer menos tempo e energia enquanto ainda estiver cumprindo os requisitos. É aceitável ainda que o robô não possa atingir WP_2 exatamente, se a transição da primeira trajetória para a segunda acontecer perto desta posição.

A parada no WP_2 pode ser evitada configurando uma união com o ponto de rota, permitindo que o robô calcule uma transição suave para a próxima trajetória. O principal parâmetro para a união é um raio. Quando o robô está dentro do raio de união do ponto de rota, ele pode começar a união e se desviar do caminho original. Isso permite maior rapidez e fluidez dos movimentos, pois o robô não precisa desacelerar e reaccelerar.

Parâmetros de união Além dos pontos de rota, vários parâmetros influenciarão a trajetória da união (consulte a figura 14.3):

- O raio de união (r)
- A velocidade inicial e final do robô (nas posições p_1 e p_2 , respectivamente)
- O tempo de movimento (por exemplo, ao definir um período de tempo específico para uma trajetória isso influenciará a velocidade inicial/final do robô)
- a união de tipos de trajetória de e para (Movimento L, Movimento J)

Se um raio de união for configurado, a trajetória do braço do robô se une em torno do ponto de rota, permitindo que o robô não pare no ponto.

Não pode haver sobreposição de uniões, de modo que não é possível definir um raio de união sobreposto à união de raio de um ponto de rota anterior ou posterior, como mostrado na figura 14.4.

Trajétórias de união condicionais A trajetória de união é afetada tanto pelo ponto de rota onde o raio de união está definido quanto pelo ponto seguinte na árvore do programa. Isto é,

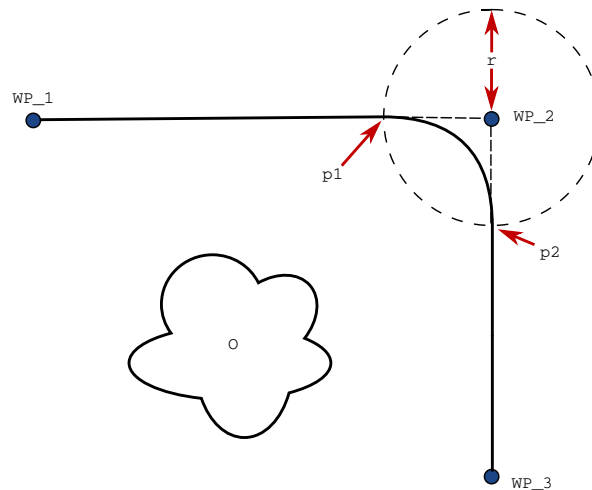


Figura 14.3: União WP_2 com raio r , posição da união inicial em p1 e posição da união final em p2. O é um obstáculo.

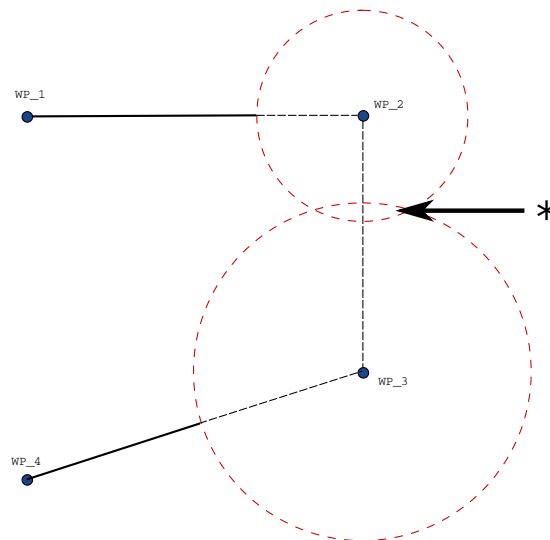


Figura 14.4: A sobreposição do raio de união não é permitida (*).

no programa na figura 14.5 a união ao redor de WP_1 é afetada por WP_2. A consequência disso se torna mais aparente quando união acontece ao redor de WP_2 neste exemplo. São possíveis duas posições finais e, para determinar qual é o próximo ponto de rota a unir, o robô deve avaliar a leitura atual da `entrada_digital[1]` já quando entrar no raio de união. Isso significa que a expressão **se...então** (ou outras declarações necessárias para determinar o ponto de rota seguinte, por exemplo, pontos de rota variáveis) é avaliada antes que cheguemos efetivamente a WP_2, o que é um pouco contraintuitivo quando se olha para a sequência do programa. Se um ponto de rota é um ponto de parada seguido de expressões condicionais para determinar o próximo ponto de rota (por exemplo, o comando de E/S) ele é executado quando o braço do robô parar no ponto de rota.

```

Movimento L
  WP_I
  WP_1 (união)
  WP_2 (união)
  se (entrada_digital[1]) então
    WP_F_1
  senão
    WP_F_2
  
```

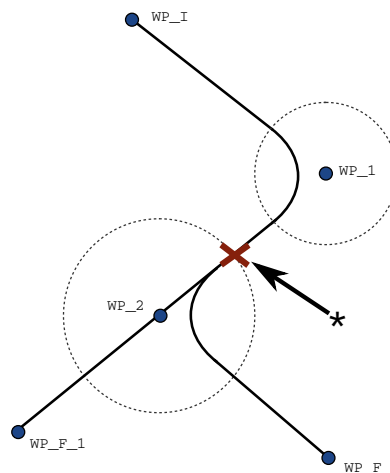


Figura 14.5: WP_I é o primeiro ponto de rota e existem dois pontos de rota finais potenciais WP_F_1 e WP_F_2, dependendo de uma expressão condicional. A expressão condicional *se* é avaliada quando o braço do robô entra na segunda união (*).

Combinações de tipo de trajetória É possível a união entre todas as quatro combinações de tipos de trajetória de **Movimento J** e **Movimento L**, mas a combinação específica afetará a trajetória da união calculada. Existem 4 combinações possíveis:

1. **Movimento J** para **Movimento J** (união de espaço de articulação simples)
2. **Movimento J** para **Movimento L**
3. **Movimento L** para **Movimento L** (união de espaço cartesiano simples)
4. **Movimento L** para **Movimento J**

A união de espaço de articulação simples (item 1) versus a união de espaço cartesiano simples (item 3) é comparada na figura 14.6. Ela mostra dois caminhos potenciais da ferramenta para conjuntos de pontos de rota idênticos.

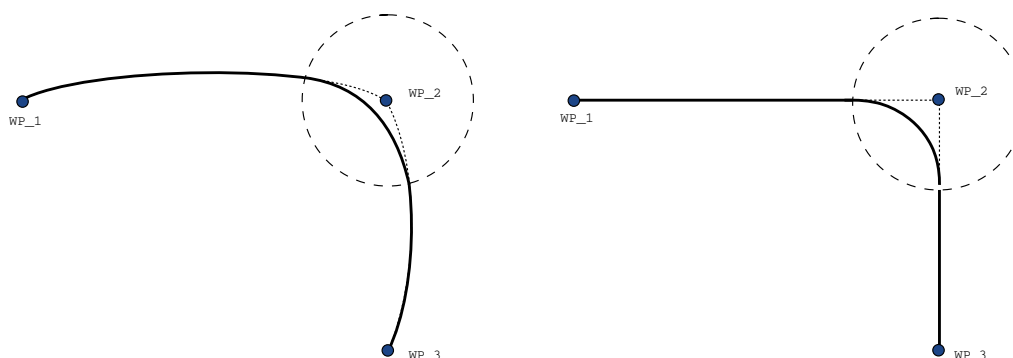


Figura 14.6: Movimento e união do espaço de articulação (MoveJ) versus o espaço cartesiano (MoveL).

De diferentes combinações, os itens 2, 3 e 4 resultarão em trajetórias que se mantêm dentro dos limites da trajetória original no espaço cartesiano. Um exemplo de uma união entre diferentes tipos de trajetória (item 2) pode ser visto na figura 14.7.

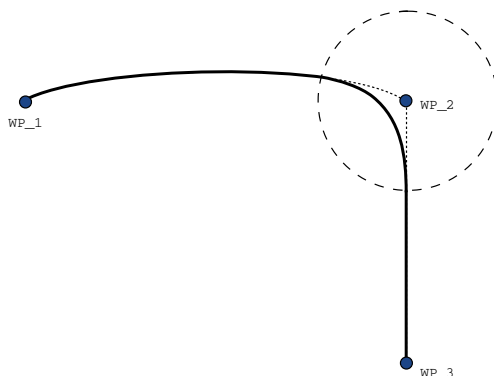


Figura 14.7: União a partir de um movimento no espaço de articulação (MoveJ) para um movimento da ferramenta linear (MoveL).

As uniões de espaço de articulação simples (item 1), entretanto, podem se comportar de uma forma que é menos intuitiva, pois o robô tentará atingir uma trajetória a mais suave possível no espaço de articulação considerando os requisitos de velocidade e tempo. Por isso, elas podem se desviar do curso especificado pelo ponto de rota. Este é justamente o caso quando existem diferenças significativas na velocidade da articulação entre as duas trajetórias. *Cuidado:* se as velocidades são muito diferentes (por exemplo, ao especificar definições avançadas – quer de velocidade ou de tempo – para um determinado ponto de rota) isso pode resultar em grandes desvios da trajetória original como mostrado na figura 14.8. Se você precisar unir diferentes velocidades e não pode aceitar esse desvio, considere fazer a união no espaço cartesiano utilizando **Movimento L**.

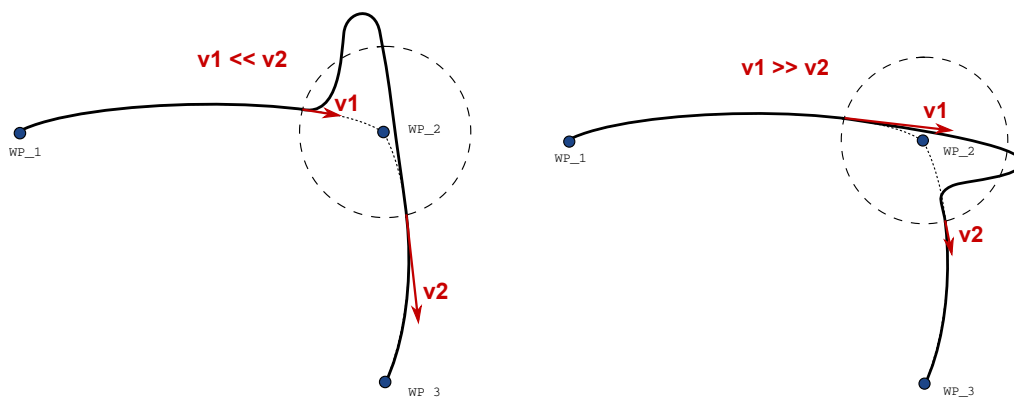


Figura 14.8: União de um espaço de articulação quando a velocidade inicial v_1 é significativamente menor do que a velocidade final v_2 ou o contrário.

Copyright © 2009–2018 da Universal Robots A/S. Todos os direitos reservados.

14.7 Comando: Ponto de Rota Relativo



Um ponto de rota com uma determinada posição relativa à posição anterior do braço do robô, como “dois centímetros para a esquerda”. A posição relativa é definida como a diferença entre as duas posições fornecidas (da esquerda para a direita).

Nota: posições relativas repetidas podem mover o braço do robô para fora de sua área de trabalho.

A distância aqui é a distância cartesiana entre o TCP nas duas posições. O ângulo determina quanto à orientação do TCP será alterada entre as duas posições. Mais precisamente, o comprimento do vetor de rotação que descreve a alteração na orientação.

14.8 Comando: Ponto de Rota Variável



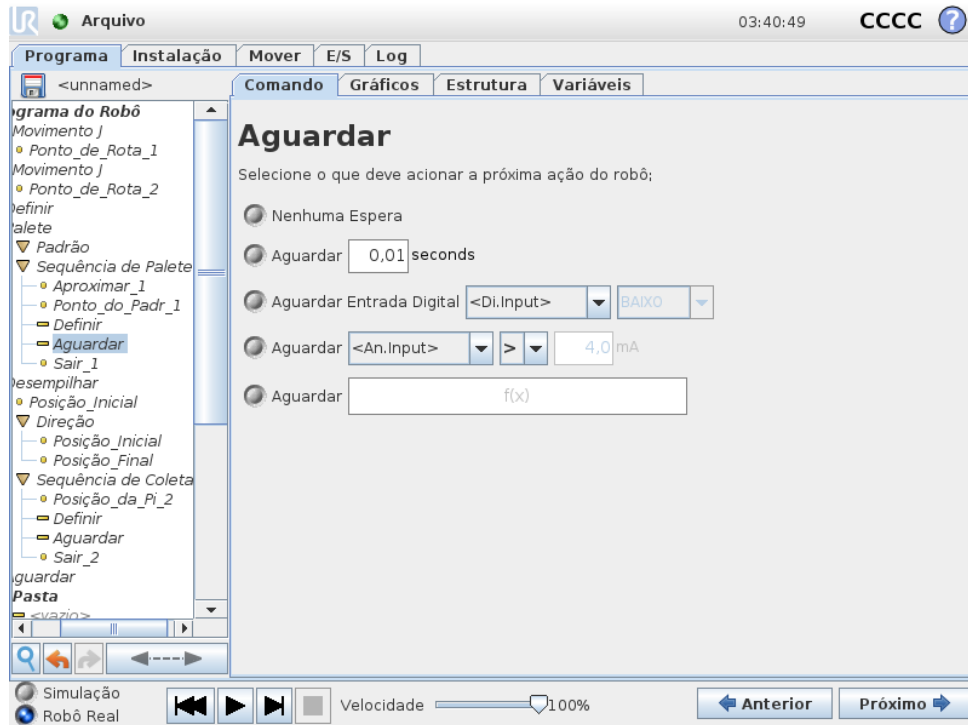
Um ponto de rota com a posição fornecida por uma variável, neste caso `calculated_pos`. A variável precisa ser uma *posição*, como `var=p[0.5,0.0,0.0,3.14,0.0,0.0]`. As três primeiras são *x,y,z* e as três últimas são a orientação fornecida como um *vetor de rotação* fornecido pelo vetor *rx,ry,rz*. O comprimento do eixo é o ângulo a ser girado em radianos e o vetor em si fornece o eixo sobre o qual girar. A posição sempre é fornecida em relação a um quadro de referência ou a um sistema de coordenadas, definido pelo recurso selecionado. Se um raio de união for definido em um ponto de rota fixo e os pontos de rota anteriores e posteriores que são variáveis ou se o raio de união for definido em um ponto de rota variável, então, o raio de união não será verificado quanto a sobreposição (consulte 14.6). Se, ao executar o programa, o raio de união sobrepor um ponto, o robô irá ignorá-lo e passar para a próxima.

Por exemplo, para mover o robô 20 mm ao longo do eixo z da ferramenta:

```
var_1=p[0,0,0.02,0,0,0]
Movimento L
    Ponto de Rota_1 (posição variável):
        Usar variável=var_1, Função=Ferramenta
```

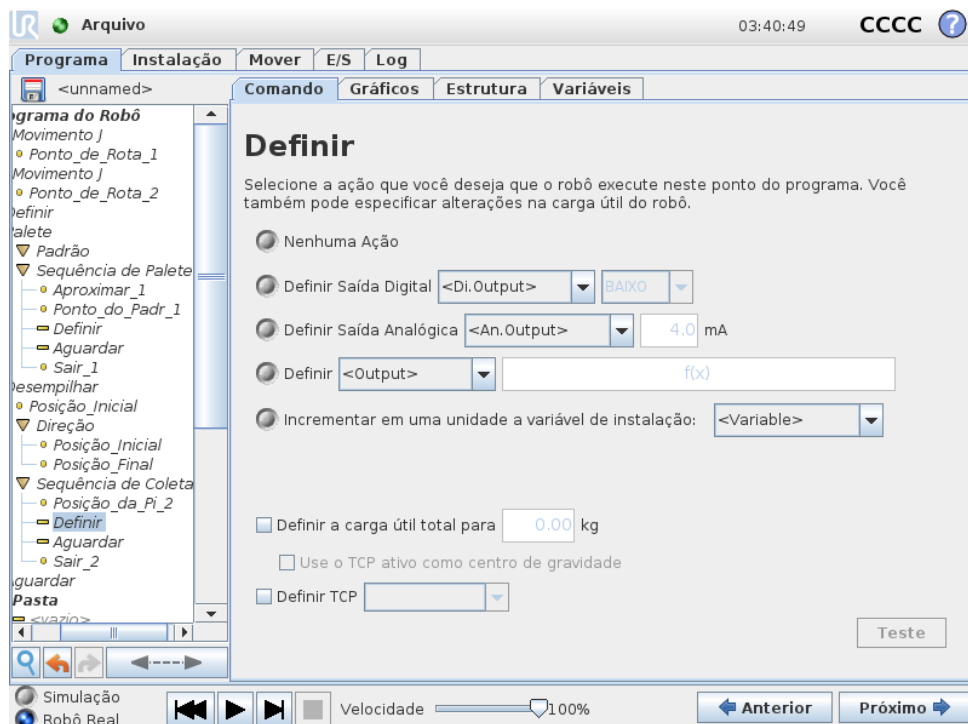
Copyright © 2009–2018 da Universal Robots A/S. Todos os direitos reservados.

14.9 Comando: Aguardar



Esperar pausa o sinal de E/S, ou expressão, por um determinado período de tempo. Se Não Esperar for selecionado, nada será feito.

14.10 Comando: Definir



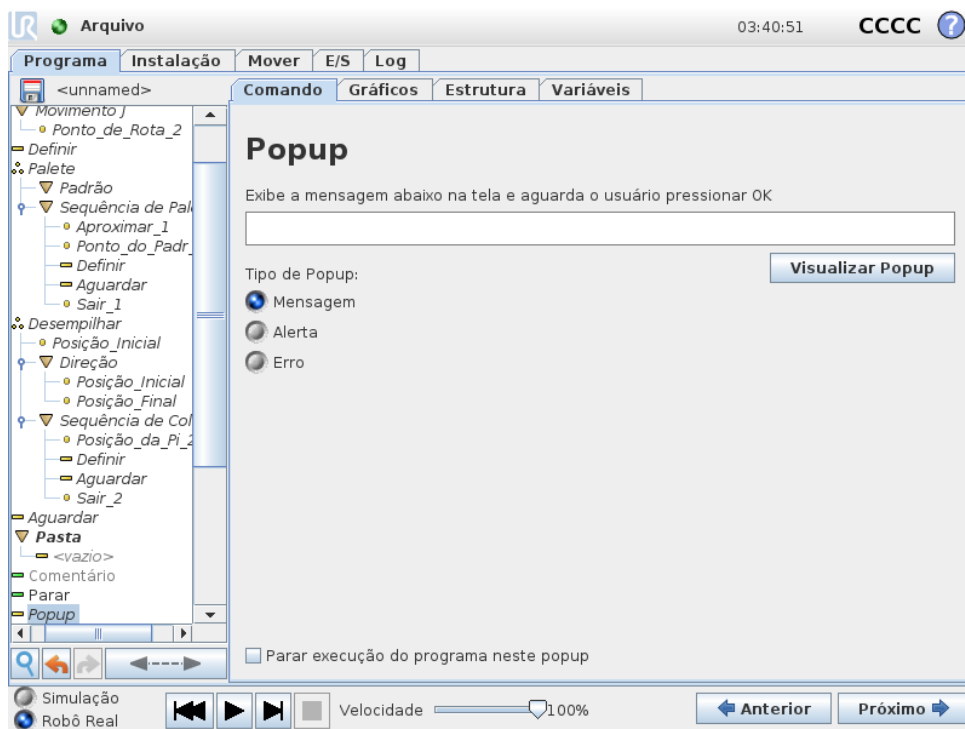
14.11 Comando: Pop-up

Define saídas digitais ou analógicas em um determinado valor.

O comando também pode ser usado para definir a carga útil do braço do robô. Ajustar o peso da carga útil pode ser necessário para evitar que o robô realize uma parada de proteção, quando o peso na ferramenta for diferente do peso esperado para a carga útil. Como padrão, o TCP ativo é usado também como centro de gravidade. Se o TCP ativo não deve ser utilizado como centro de gravidade, a caixa de opção pode ser desmarcada.

Também é possível modificar o TCP ativo usando um comando **Definir**. Basta marcar uma das caixas de seleção e escolher o deslocamento do TCP no menu. Se o TCP ativo de um movimento em particular for conhecido no momento da criação do programa, considere usar a seleção de TCP na placa **Mover** (consulte 14.5) Para mais informações sobre a configuração de TCPs nomeados, (consulte 13.6).

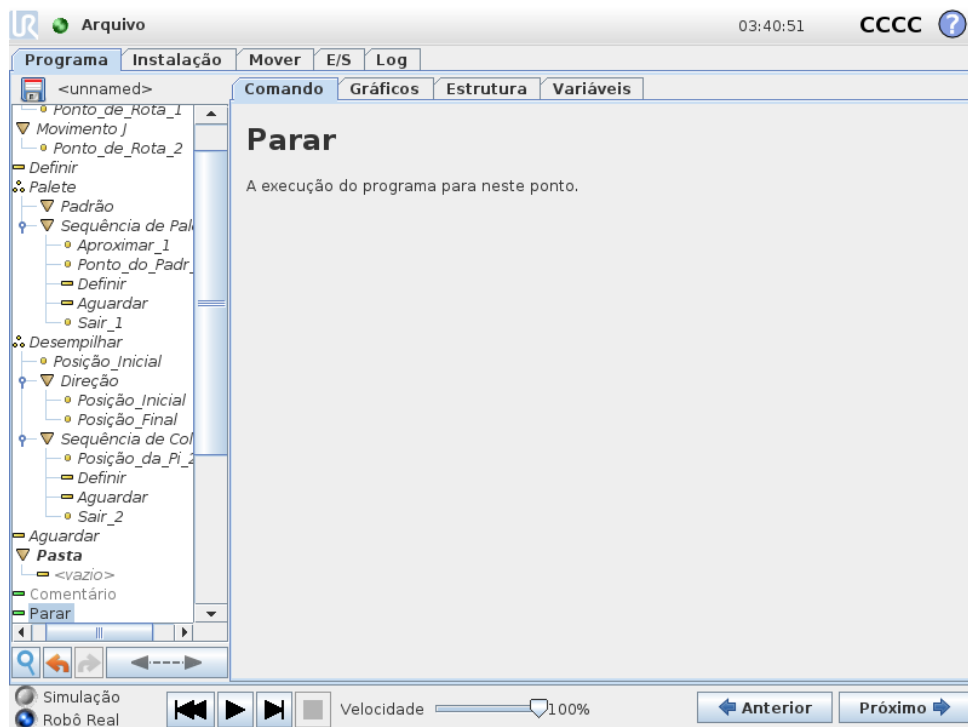
14.11 Comando: Pop-up



O pop-up é uma mensagem que aparece na tela quando o programa atinge esse comando. O estilo da mensagem pode ser selecionado e o texto em si pode ser fornecido usando o teclado na tela. O robô espera até o usuário/operador pressionar o botão “OK” do pop-up antes de continuar com o programa. Se o item “Parar execução do programa” for selecionado, o programa do robô irá parar nesse pop-up.

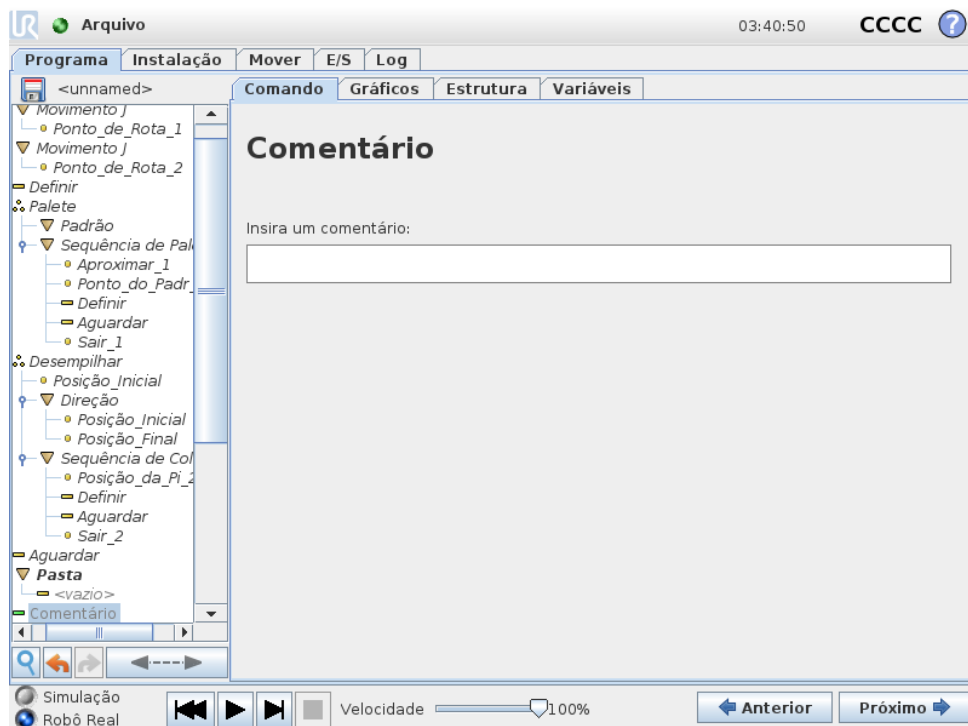
Nota: As mensagens são limitadas a um máximo de 255 caracteres.

14.12 Comando: Parar



A execução do programa para neste ponto.

14.13 Comando: Comentário



Fornece ao programador a opção de incluir uma linha de texto no programa. Essa linha de texto não realiza nada durante a execução do programa.

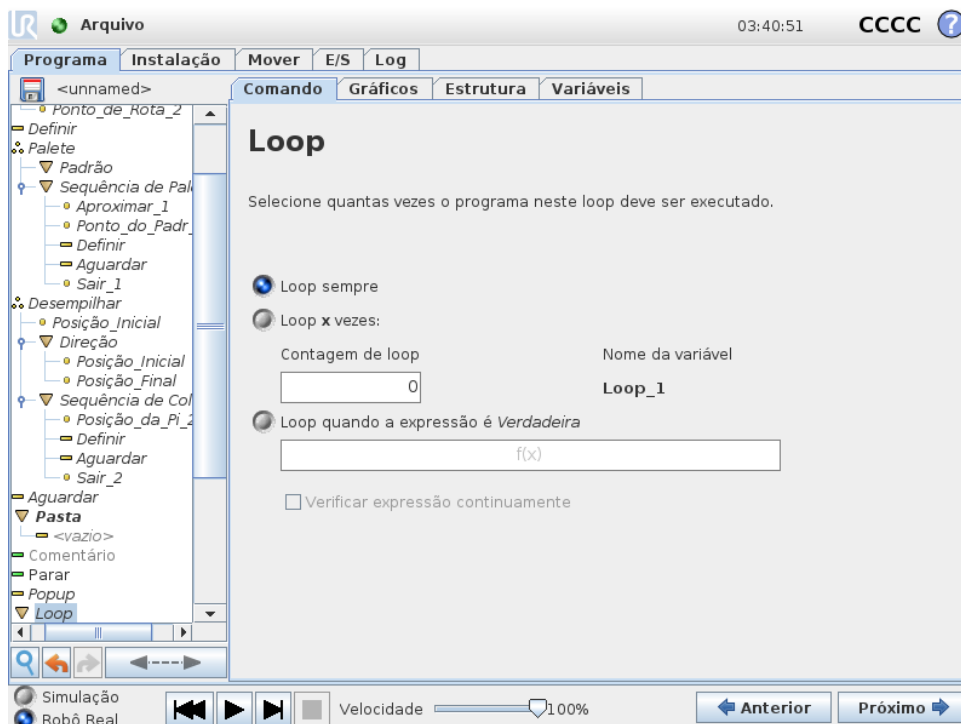
14.14 Comando: Pasta



Uma **Pasta** é usada para organizar e rotular partes específicas de um programa, para limpar a árvore do programa e para facilitar a leitura e a navegação do programa.

Pastas não têm impacto sobre o programa e a sua execução.

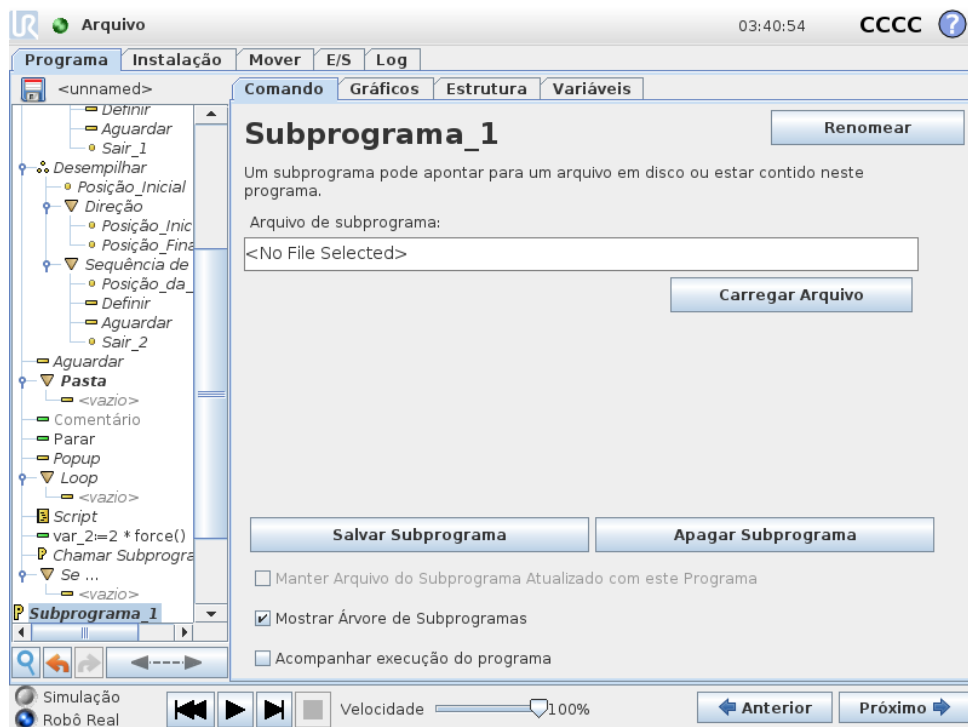
14.15 Comando: Loop



Realiza o loop dos comandos do programa subjacente. Dependendo da seleção, os comandos do programa subjacente são colocados em loop infinitamente, um determinado número de vezes ou desde que a condição determinada seja verdadeira. Ao realizar loop por um determinado número de vezes, uma variável de loop dedicada (chamada `loop_1` na captura de tela acima) será criada e poderá ser usada em expressões dentro do loop. A variável de loop enumera de 0 a $N - 1$.

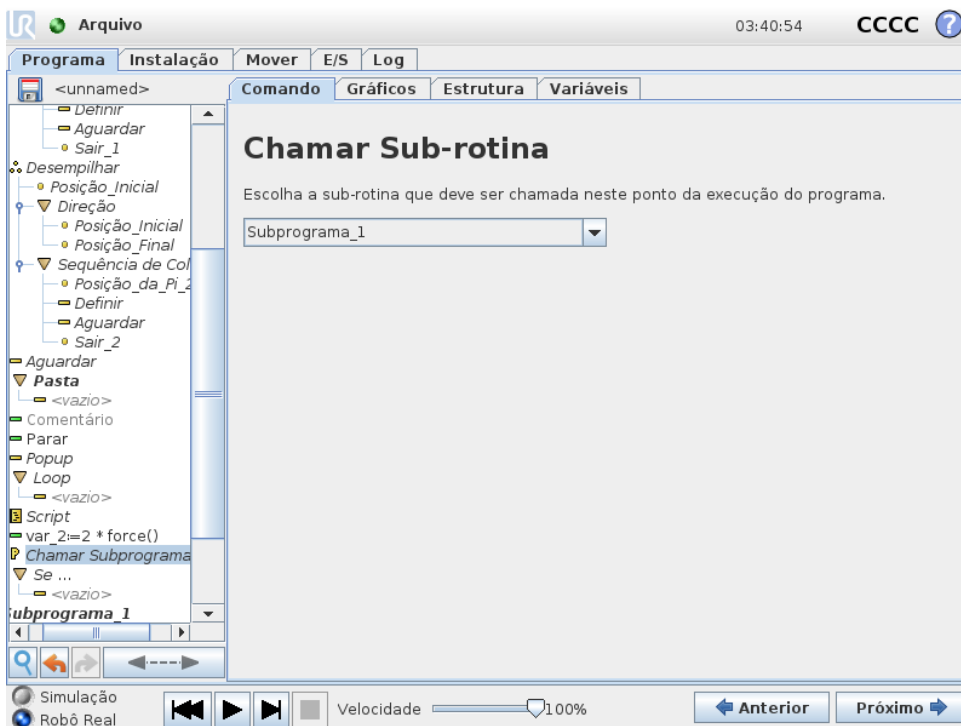
Ao realizar loop usando uma expressão como a condição final, o PolyScope fornece uma opção para avaliar de forma contínua essa expressão, de forma que o "loop" possa ser interrompido a qualquer momento durante sua execução, em vez de apenas após cada iteração.

14.16 Comando: Subprograma



Um Subprograma pode conter partes do programa necessárias em diversos locais. Um Subprograma pode ser um arquivo separado no disco e também pode ser oculto para proteger contra alterações acidentais do subprograma.

Comando: Chamar Subprograma



Uma chamada a um subprograma executará as linhas do programa no subprograma e, em seguida, retornará à próxima linha.

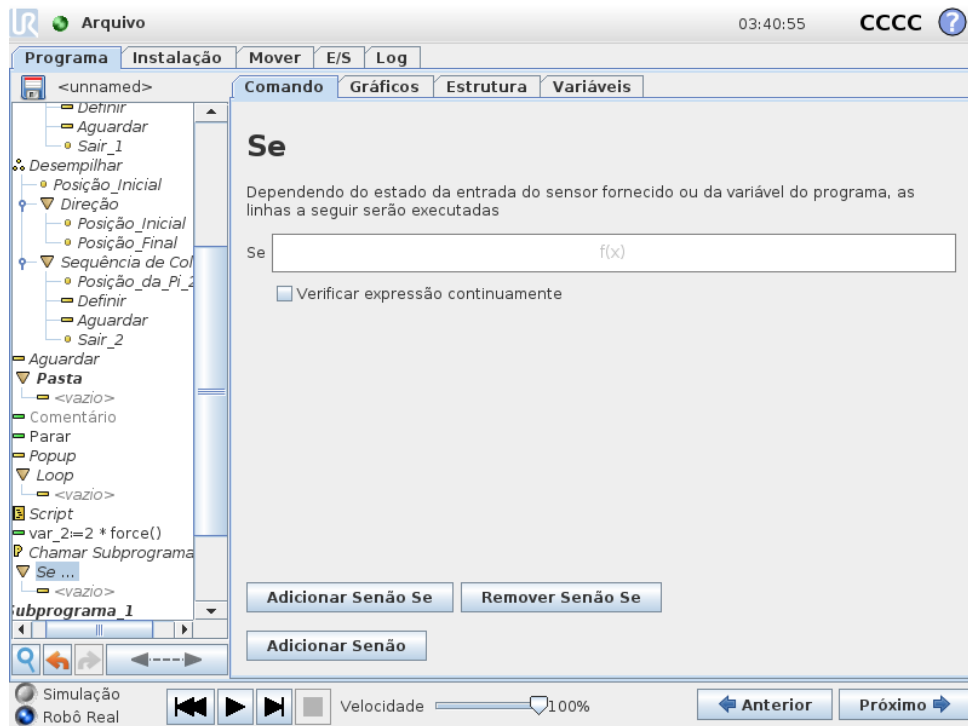
14.17 Comando: Atribuição



Copyright © 2009–2018 da Universal Robots A/S. Todos os direitos reservados.

Designa valores a variáveis. Uma designação coloca o valor calculado do lado direito na variável do lado esquerdo. Isso pode ser útil em programas complexos.

14.18 Comando: Se

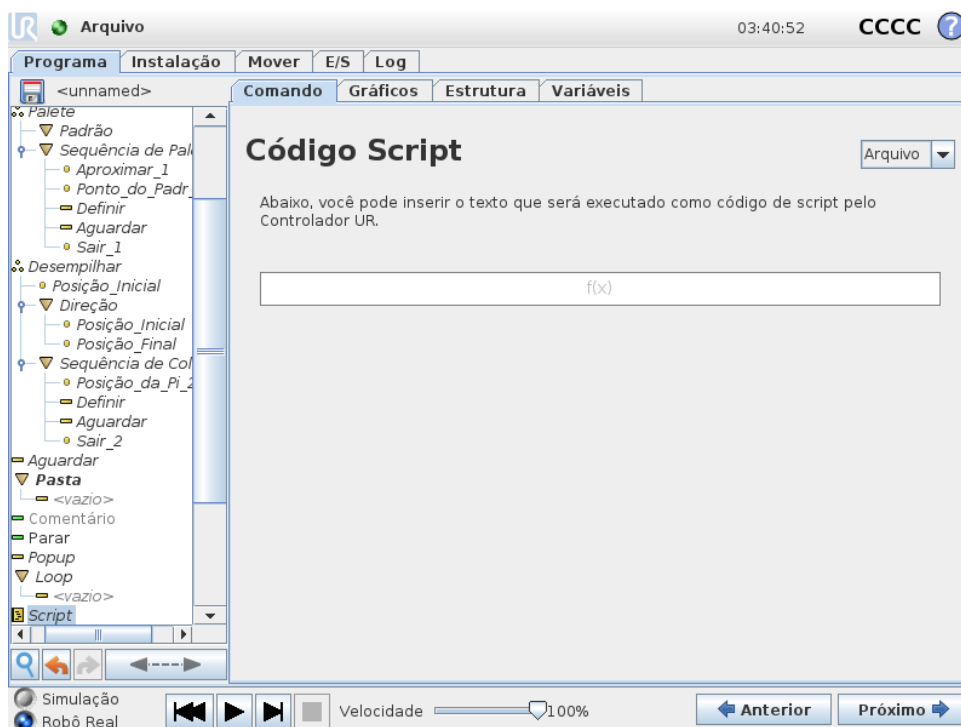


Uma construção de comando **se... então** pode fazer o robô alterar seu comportamento com base em entradas do sensor ou valores de variáveis. Use o Editor de Expressão para descrever a condição sob a qual o robô segue as declarações deste comando **Se**. Se a condição for avaliada como Verdadeira, as linhas dentro desse **Se** serão executadas.

Um comando **Se** pode ter várias declarações **Senão Se** que podem ser adicionadas e removidas usando os botões **Adicionar Senão Se** e **Remover Senão Se**. No entanto, um comando **Se** apenas pode ter uma declaração **Senão**.

Nota: Pode selecionar a caixa de seleção **Verificar Expressão Continuamente** para permitir que as condições do comando **Se** e **Senão Se** sejam avaliadas enquanto as linhas contidas são executadas. Se uma expressão no comando **Se** for avaliada como Falsa, as declarações **Senão Se** ou **Senão** são seguidas.

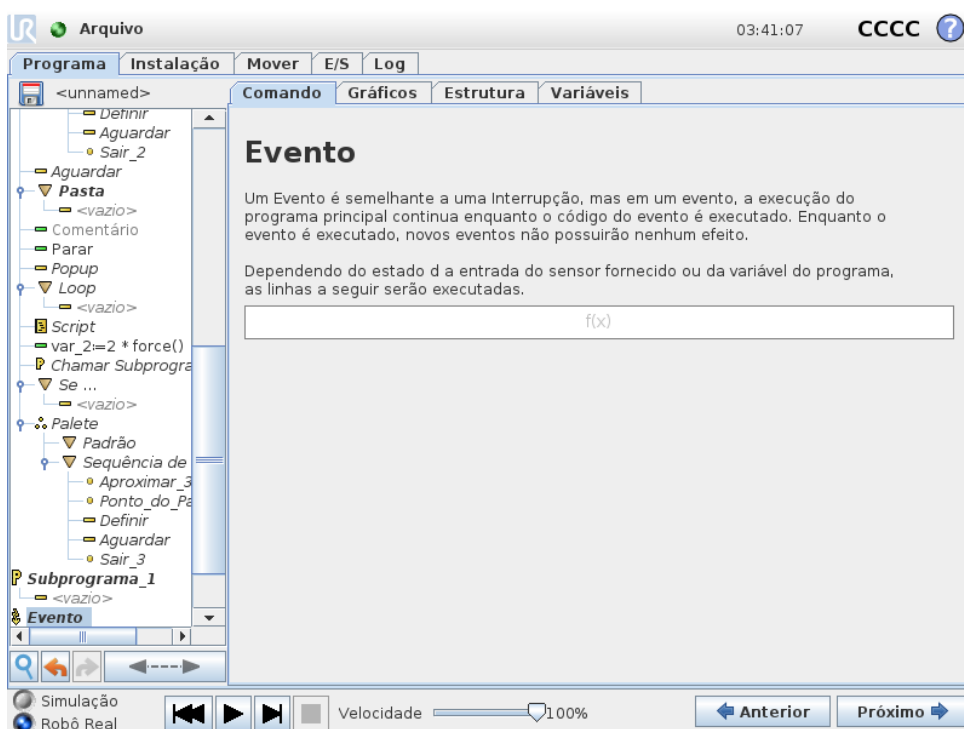
14.19 Comando: Script



Este comando fornece acesso à linguagem do script subjacente em tempo real que é executado pelo controlador do robô. Ele é destinado apenas a usuários avançados e as instruções sobre como usá-lo podem ser encontradas no Manual de Script no site de suporte (<http://www.universal-robots.com/support>).

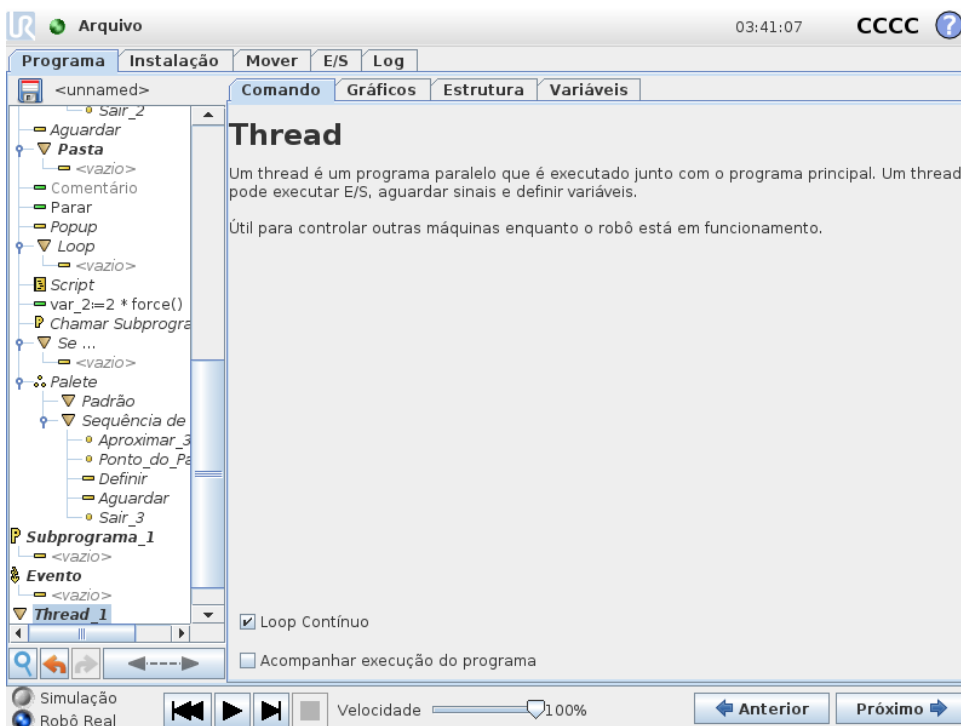
Se a opção “Arquivo”, no canto superior esquerdo, for escolhida, será possível criar e editar arquivos do programa de script. Dessa maneira, programas de script longos e complexos podem ser usados juntos com a programação fácil e simples para o operador do PolyScope.

14.20 Comando: Evento



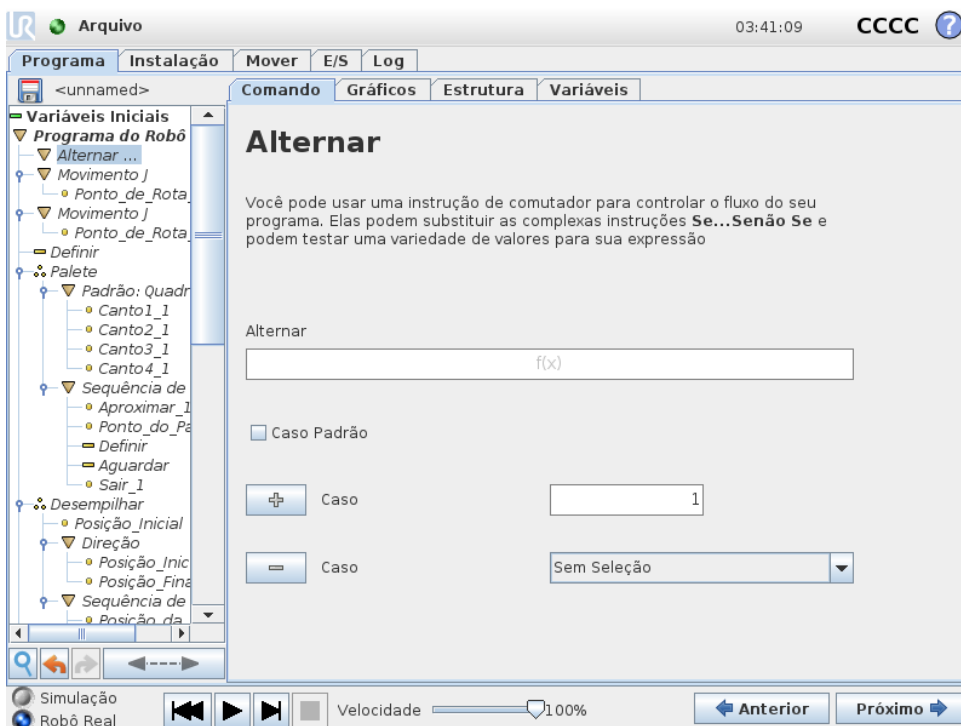
Um evento pode ser usado para monitorar um sinal de entrada e executar alguma ação ou para definir uma variável quando esse sinal de entrada fica alto. Por exemplo, no evento em que um sinal de saída fica alto, o programa do evento pode esperar 200ms e, em seguida, defini-lo para baixo novamente. Isso pode tornar o código do programa principal muito mais simples no caso de uma máquina externa acionar um flanco crescente em vez de um nível de entrada alto. Os eventos são verificados uma vez em cada ciclo de controle (8ms).

14.21 Comando: Rosquear



Um thread é um processo paralelo ao programa do robô. Um thread pode ser usado para controlar uma máquina externa de forma independente do braço do robô. Um thread pode se comunicar com o programa do robô com variáveis e sinais de saída.

14.22 Comando: Alternar

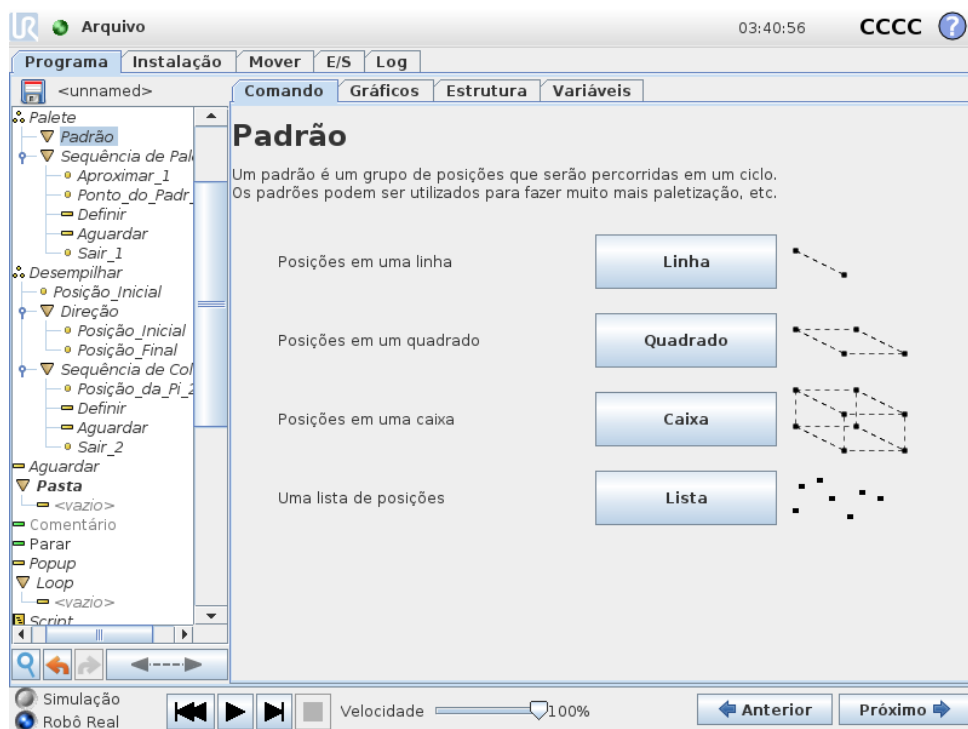


Copyright © 2009–2018 da Universal Robots A/S. Todos os direitos reservados.

Uma construção de **Caso do Computador** pode fazer o robô alterar o comportamento com base em entradas do sensor ou valores de variáveis. Use o **Editor de Expressão** para descrever a condição base e definir os casos sob os quais o robô deve prosseguir para os subcomandos deste Computador. Se a condição for avaliada como correspondente a um desses casos, as linhas dentro do Caso serão executadas. Se um Caso Padrão tiver sido especificado, as linhas serão executadas somente se não for encontrado mais nenhum outro caso correspondente.

Cada Computador pode ter vários Casos e um Caso Padrão. Os Computadores podem ter apenas uma instância de quaisquer valores de Caso definidos. Os Casos podem ser incluídos usando os botões da tela. Um comando Caso pode ser removido da tela para este comutador.

14.23 Comando: Padrão



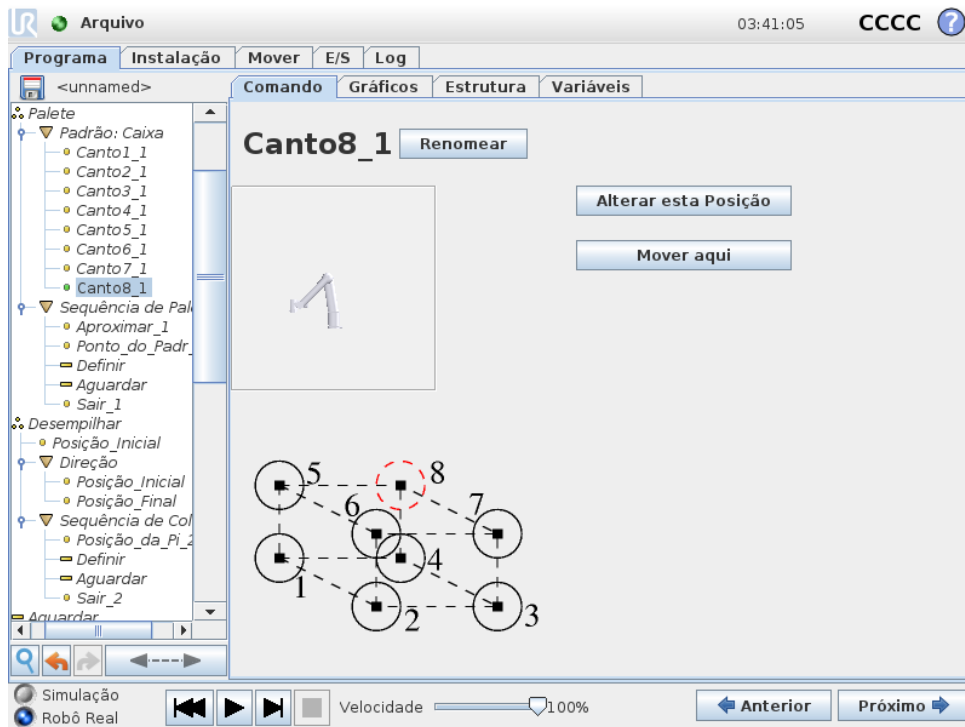
O comando **Padrão** pode ser usado para realizar o ciclo pelas posições no programa do robô. O comando **Padrão** corresponde a uma posição em cada execução.

Um padrão pode ser fornecido como um de quatro tipos. Os três primeiros, **Linha**, **Quadrado** ou **Caixa**, podem ser usados para posições em um padrão regular. Os padrões regulares são definidos por diversos pontos característicos, sendo que os pontos definem as extremidades do padrão. Para **Linha**, seriam os dois pontos das extremidades, para o **Quadrado**, seriam três dos quatro pontos dos cantos, enquanto que para a **Caixa**, seriam quatro dos oito pontos dos cantos. O programador insere o número de posições juntamente com cada uma das extremidades do padrão. O controlador do robô calcula, então, as posições do padrão individual, adicionando proporcionalmente os vetores das extremidades.

Se as posições a serem percorridas não tiverem um padrão regular, a opção **Lista** pode ser escolhida, em que uma lista de todas as posições é fornecida pelo programador. Dessa forma, qualquer tipo de organização das posições pode ser realizado.

Como definir o Padrão

Quando o padrão **Caixa** for selecionado, a tela mudará para o que está mostrado abaixo.



Um padrão **Caixa** usa três vetores para definir o lado da caixa. Esses três vetores são fornecidos como quatro pontos, sendo que o primeiro vetor vai do ponto um para o ponto dois, o segundo vetor vai do ponto dois para o ponto três e o terceiro vetor vai do ponto três para o ponto quatro. Cada vetor é dividido pelos números da contagem do intervalo. Uma posição específica no padrão é calculada simplesmente adicionando os vetores do intervalo proporcionalmente.

Os padrões **Linha** e **Quadrado** funcionam da mesma maneira.

Uma variável do contador é usada percorrendo as posições do padrão. O nome da variável pode ser visto na tela do comando **Padrão**. A variável faz o ciclo pelos números de 0 a $X * Y * Z - 1$, o número de pontos no padrão. Essa variável pode ser manipulada por meio de designações e usada em expressões.

14.24 Comando: Força

No espaço de trabalho do robô, o **Modo Força** permite a compatibilidade e força nos eixos selecionáveis. Todos os movimentos do braço do robô sob um comando de **Força** estão no **Modo Força**. Quando o braço do robô estiver se movimentando no **Modo Força**, é possível selecionar um ou mais eixos aos quais o braço do robô é compatível. O braço do robô é compatível com o meio ambiente ao longo de eixos compatíveis. Isso significa que o braço do robô automaticamente ajusta sua posição para atingir a força desejada. Também é possível fazer com que o próprio braço do robô aplique uma força em seu ambiente, por exemplo, em uma peça de trabalho.

O **Modo Força** é adequado para aplicações onde a posição real do TCP ao longo de um eixo predefinido não é importante, mas em vez disso uma força desejada ao longo desse eixo é ne-

cessária. Por exemplo, se o TCP do robô rolar contra uma superfície curva, empurrar ou puxar uma peça de trabalho. O **Modo Força** também suporta aplicar determinados torques em torno de eixos predefinidos.

Observação: se nenhum obstáculo for encontrado em um eixo em que uma força diferente de zero é definida, o braço do robô tentará acelerar ao logo desse eixo.

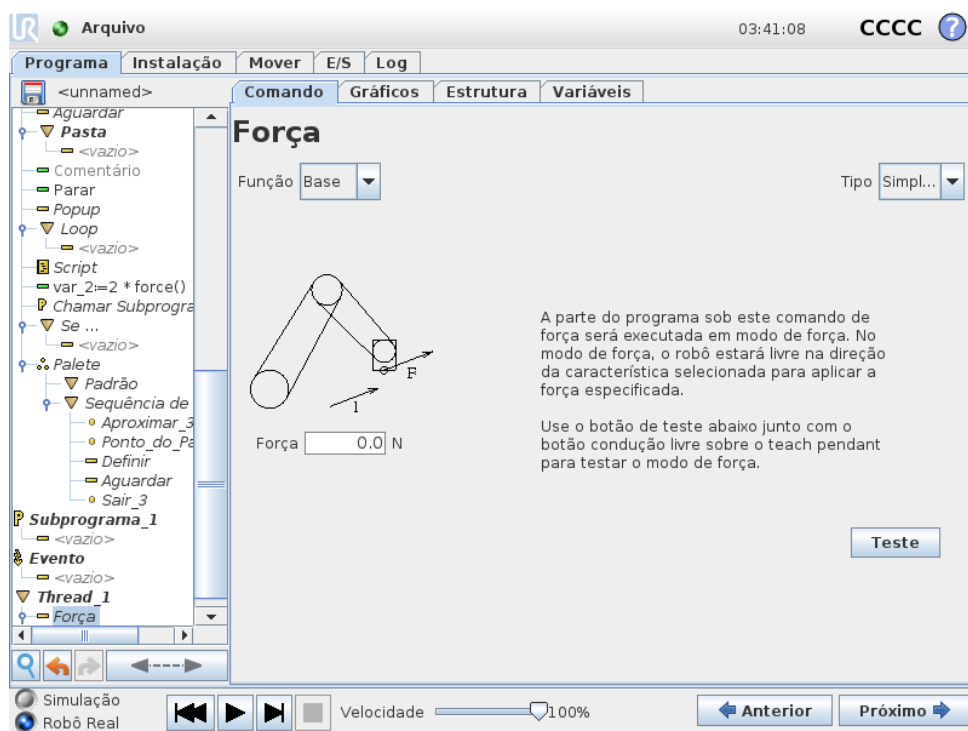
Apesar de um eixo ter sido selecionado para compatibilidade, o programa do robô ainda tenta mover o robô ao longo desse eixo. No entanto, o controle da força assegura que o braço do robô ainda se aproxima da força especificada.



ALERTA:

1. Evite a desaceleração elevada antes de entrar o modo força.
2. Evite a aceleração elevada no modo força, uma vez que isso diminui a exatidão do controle de força.
3. Evite movimentos paralelos aos eixos compatíveis antes de entrar no modo força.

Copyright © 2009–2018 da Universal Robots A/S. Todos os direitos reservados.



Seleção de recurso

O **menu Recurso** é usado para selecionar o sistema de coordenadas (eixos) que o robô usará enquanto estiver operando no modo força. Os recursos no menu são aqueles que foram definidos na instalação, (consulte 13.12).

Tipo do modo força

Há quatro tipos diferentes do modo força, cada um determinando a maneira como o recurso selecionado será interpretado.

14.24 Comando: Força

- **Simples:** Somente um eixo será compatível no modo força. A força ao longo desse eixo é ajustável. A força desejada sempre será aplicada ao longo do eixo z do recurso selecionado. No entanto, para recursos Linha, é ao longo do eixo y.
- **Quadro:** O tipo Quadro permite uso mais avançado. Aqui, compatibilidade e forças em todos os seis graus de liberdade podem ser selecionados de forma independente.
- **Ponto:** Quando o Ponto é selecionado, o quadro da tarefa tem o eixo y apontando a partir do robô TCP para a origem do recurso selecionado. A distância entre o robô TCP e a origem do recurso selecionado precisa ser pelo menos 10 mm. Note que o quadro da tarefa será alterado no tempo de execução conforme a posição do robô TCP muda. Os eixos x e z do quadro da tarefa dependem da orientação original do recurso selecionado.
- **Movimento:** Movimento significa que o quadro da tarefa mudará com a direção do movimento do TCP. O eixo x do quadro da tarefa será a projeção da direção do movimento do TCP para o plano que se estende dos eixos x e y do recurso selecionado. O eixo y será perpendicular à movimentação do braço do robô e o plano x-y do recurso selecionado. Isso pode ser útil ao rebarbar ao longo de um caminho complexo, onde é necessária uma força perpendicular ao movimento TCP.

Nota: quando o braço do robô não estiver se movendo: Se o modo de força for inserido com o braço do robô parado, não haverá nenhum eixo compatível até a velocidade do TCP estar acima de zero. Se mais tarde, enquanto ainda estiver no modo de força, o braço robótico estiver parado novamente, o quadro de tarefa tem a mesma orientação que da última vez que a velocidade TCP era maior que zero.

Para os três últimos tipos, o quadro de tarefa real pode ser visualizado no tempo de execução na guia de gráficos (consulte 14.29), quando o robô estiver operando no modo de força.

Seleção do valor da força

- O valor de força ou torque pode ser definido para eixos compatíveis, e o braço do robô ajusta a sua posição para alcançar a força selecionada.
- Para eixos não compatíveis, o braço do robô seguirá a trajetória definida pelo programa.

Para parâmetros de conversão, a força é especificada em Newtons [N], e para rotação, o torque é especificado em Newton-metro [Nm].



NOTA:

Você deve fazer o seguinte:

- Use a função de script `get_tcp_force()` no thread separado, para ler a força e o torque reais.
- Corrija o vetor de chave, se a força e/ou torque real for menor do que o solicitado.

Seleção de limites

Para todos os eixos, um limite pode ser definido, mas eles têm diferente significado correspondente aos eixos compatíveis ou não compatíveis.

- **Compatível:** O limite é a velocidade máxima que o TCP pode atingir ao longo/próximo ao eixo. As unidades são [mm/s] e [graus/s].
- **Não compatível:** O limite é o desvio máximo da trajetória do programa que é permitido antes que o robô seja parado por segurança. As unidades são [mm] e [graus].

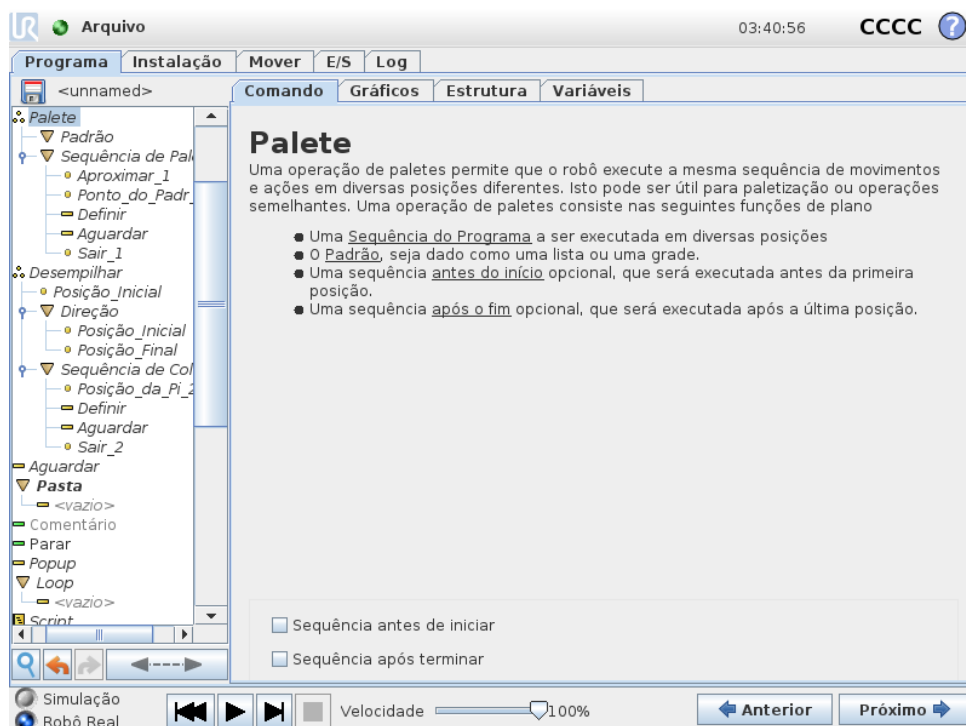
Testar configurações da força

O botão liga/desliga com o texto **Teste** alterna o comportamento do botão **Condução Livre** na parte traseira do Teach Pendant do modo Condução Livre normal para testar o comando de força.

Quando o **botão Teste** está ativado e o botão **Condução Livre** na parte traseira do Teach Pendant for pressionado, o robô será executado como se o programa tivesse atingido esse comando de força e, dessa maneira, as configurações podem ser verificadas antes de realmente executar o programa completo. Essa possibilidade é especialmente útil para verificar se eixos compatíveis e forças foram selecionados corretamente. Basta segurar o TCP do robô usando uma mão, pressionar o botão **Condução Livre** com a outra e observar em quais direções o braço robô pode/não pode ser movido. Ao sair dessa tela, o botão Teste é desativado automaticamente, o que significa que o botão **Condução Livre** na parte traseira do Teach Pendant será usado novamente para o modo de **Condução Livre**.

. Nota: O botão **Condução Livre** estará disponível somente quando um recurso válido tiver sido selecionado para o comando de Força.

14.25 Comando: Paleta



Uma operação de paleta pode executar uma sequência de movimentações em um conjunto de locais fornecido como padrão (consulte 14.23). Em cada uma das posições no padrão, a sequência de movimentações será executada em relação à posição do padrão.

Como programar uma operação de palete

As etapas a realizar são as seguintes:

1. Defina o padrão.
2. Crie uma **Sequência de Paletes** para pegar/colocar em cada ponto específico. A sequência descreve o que deve ser feito na posição de cada padrão.
3. Use o seletor na tela de comandos de sequência para definir quais dos pontos de rota na sequência devem corresponder às posições do padrão.

Sequência de Paletes/Sequência que pode ser ancorada

Em um nó da **Sequência de Paletes**, as movimentações do braço do robô são relativas à posição do palete. O comportamento de uma sequência é tal que o braço do robô estará na posição especificada pelo padrão na **Posição da Âncora/Ponto do Padrão**. As posições restantes serão todas movidas para fazer isso se ajustar.

Não use o comando **Mover** dentro de uma sequência, pois não será relativo à posição da âncora.

“Antes de Iniciar”

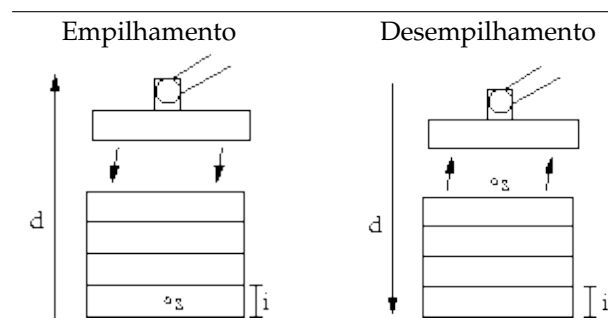
A sequência opcional **Antes de Iniciar** é executada imediatamente antes da operação iniciar. Isso pode ser usado para esperar por sinais de pronto.

“Após Concluir”

A sequência opcional **Após Concluir** é executada quando a operação for concluída. Isso pode ser usado para sinalizar o início da movimentação da esteira, preparando para o próximo palete.

14.26 Comando: Buscar

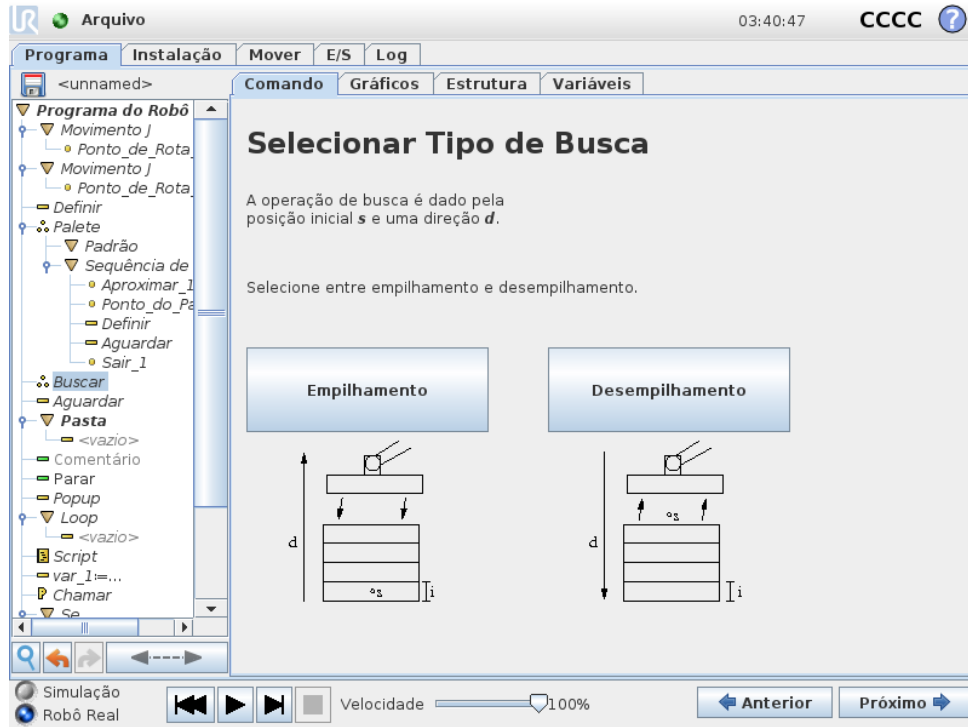
Uma função de busca usa um sensor para determinar quando a posição correta for atingida para segurar ou soltar um item. O sensor pode ser um interruptor, um sensor de pressão ou um sensor capacitivo. Essa função é feita para trabalhar em pilhas de itens com espessuras variadas de itens ou quando as posições exatas dos itens não são conhecidas ou são muito difíceis de programar.



Ao programar uma operação de busca para trabalhar em uma pilha, deve-se definir s como o ponto de início, d como a direção da pilha e i como a espessura dos itens na pilha.

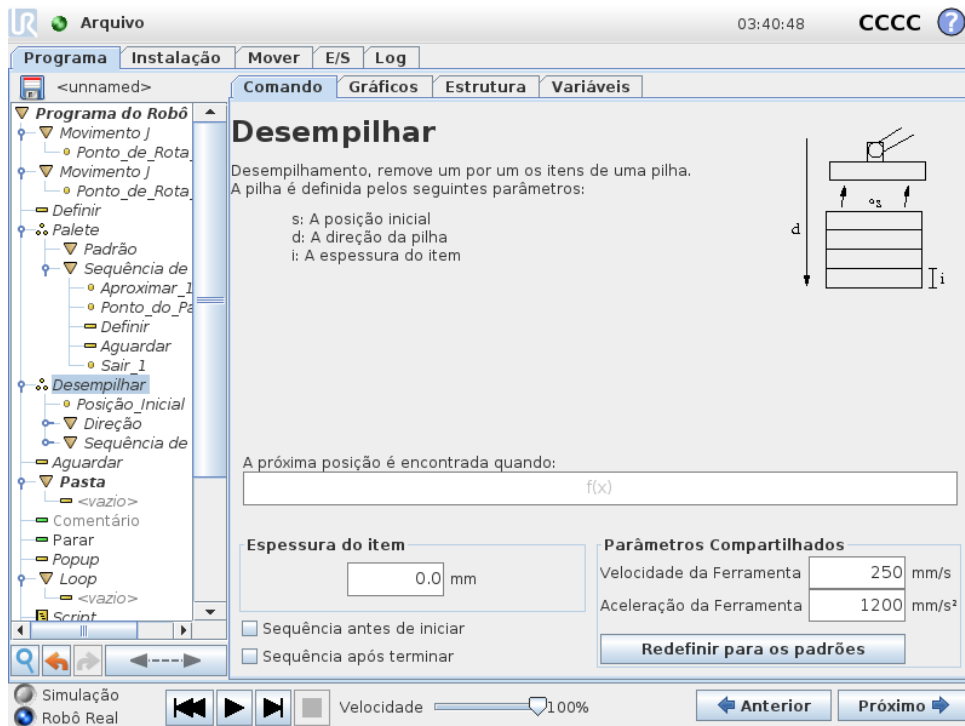
Além disso, deve-se definir a condição para quando a posição da próxima pilha for atingida e uma sequência especial do programa que será executada em cada uma das posições da pilha. Além disso, velocidade e acelerações precisam ser fornecidas para o movimento envolvido na operação da pilha.

Empilhamento



Ao empilhar, o braço do robô se move para a posição inicial e , em seguida, move na direção *oposta* para procurar a posição da próxima pilha. Quando localizada, o robô se lembra da posição e executa a sequência especial. Na próxima vez, o robô inicia a pesquisa a partir da posição lembrada incrementada pela espessura do item ao longo da direção. O empilhamento é concluído quando a altura da pilha estiver acima de algum número definido ou quando um sensor fornecer um sinal.

Desempilhamento

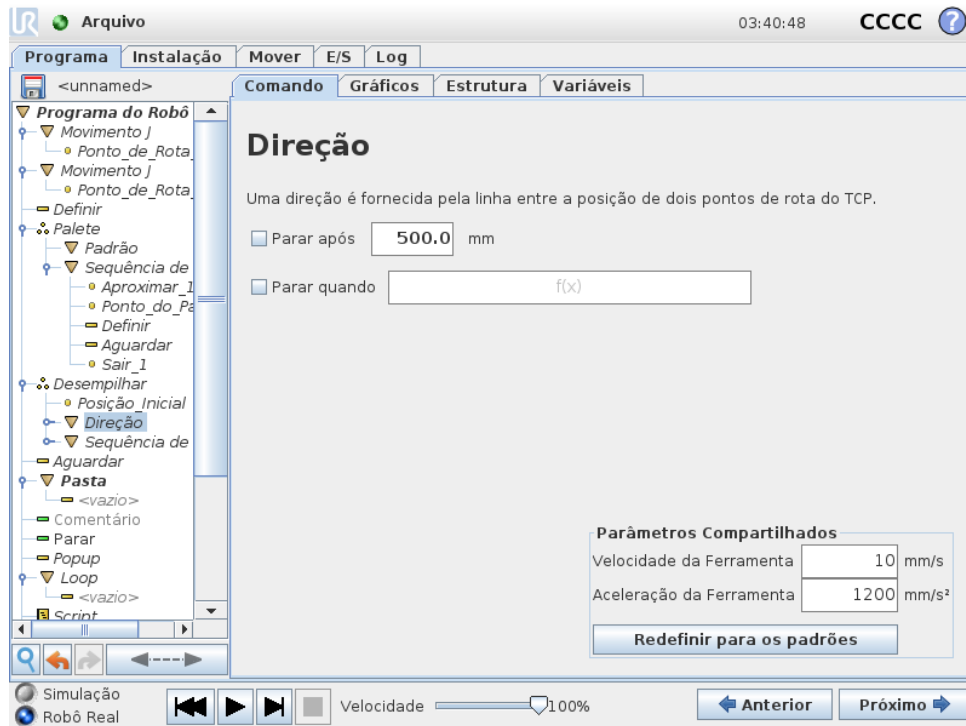


Ao desempilhar, o braço do robô se move da posição inicial na direção determinada para pesquisar o próximo item. A condição na tela determina quando o próximo item é alcançado. Quando a condição é satisfeita, o robô se lembra da posição e executa a sequência especial. Na próxima vez, o robô inicia a pesquisa a partir da posição lembrada, incrementada pela espessura do item ao longo da direção.

Posição inicial

A posição inicial é onde a operação de pilha é iniciada. Se a posição inicial for omitida, a pilha iniciará na posição atual do braço do robô.

Direção



A direção é fornecida por duas posições e é calculada como a diferença de posição das primeiras posições TCP para as segundas posições TCP.

Nota: Uma direção não considera as orientações dos pontos.

Expressão da Próxima Posição de Empilhamento

O braço do robô se move ao longo do vetor enquanto avalia de forma contínua se a próxima posição da pilha foi atingida. Quando a expressão é avaliada para True a sequência especial é executada.

“Antes de Iniciar”

A sequência opcional `Antes de Iniciar` é executada imediatamente antes da operação iniciar. Isso pode ser usado para esperar por sinais de pronto.

“Após Concluir”

A sequência opcional `Após Concluir` é executada quando a operação for concluída. Isso pode ser usado para sinalizar o início da movimentação da esteira, preparando para a próxima pilha.

Sequência de Coletar/Posicionar

Como para a operação de `Palete` (14.25), uma sequência especial do programa é executada em cada posição da pilha.

14.27 Comando: Acompanhamento da correia

Quando uma correia transportadora é usada, o robô pode ser configurado para acompanhar seu movimento. Quando o `Acompanhamento da Correia` definido na instalação está con-

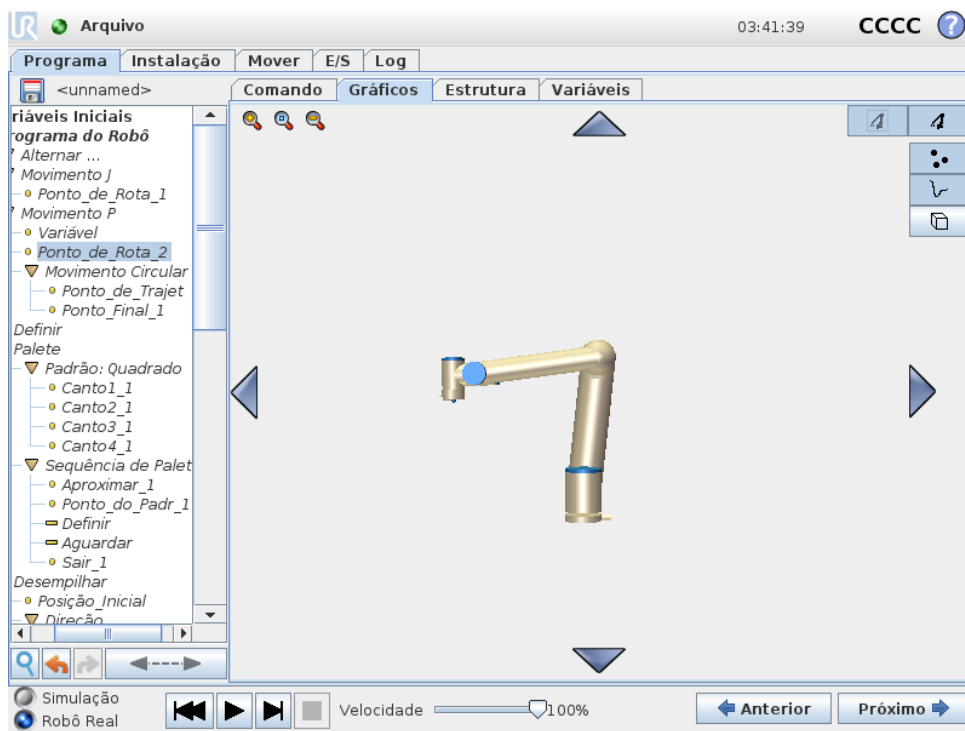
14.28 Comando: Suprimir

figurado corretamente, o robô ajusta os seus movimentos para seguir a correia transportadora. O nó do programa **Acompanhamento da Correia** está disponível na guia **Assistentes** na guia **Estrutura**. Todos os movimentos neste nó são permitidos durante o acompanhamento da correia transportadora, mas são relativos ao movimento da correia transportadora. A configuração **Acompanhamento da Correia** na guia **Instalação** (consulte a seção 13.13) oferece opções para configurar o robô para trabalhar com codificadores absolutos e incrementais, assim como com correias transportadoras lineares e circulares.

14.28 Comando: Suprimir

Linhas do programa suprimidas são simplesmente ignoradas quando o programa é executado. Uma linha suprimida pode deixar de ser suprimida novamente posteriormente. Essa é uma maneira fácil de fazer alterações em um programa sem destruir o conteúdo original.

14.29 Guia Gráficos



Representação gráfica do programa atual do robô. O caminho do TCP é mostrado na visualização 3D, com segmentos de movimentação em preto e segmentos de união (transições entre segmentos de movimentação) mostrados em verde. Os pontos verdes especificam as posições do TCP em cada um dos pontos de rota no programa. O desenho 3D do braço do robô mostra a posição atual do braço, e sua *sombra* mostra como o braço do robô pretende chegar ao ponto de rota selecionado do lado esquerdo da tela.

Se a posição atual do TCP do robô se aproximar de um plano de segurança ou de acionamento, ou a orientação da ferramenta do robô estiver perto do limite de orientação da ferramenta (consulte 10.12), uma representação 3D do limite aproximado será exibida.

Nota: quando o robô está executando um programa, a visualização dos limites de fronteira será desativada.

Os planos de segurança são visualizados em amarelo e preto, com uma pequena seta que representa o plano normal, que indica a lateral do plano no qual o TCP do robô pode ser posicionado. Os planos de acionamento são exibidos em azul e verde e uma seta pequena aponta na direção do plano lateral, onde os limites do modo **Normal** (consulte 10.6) estão ativos. O limite de orientação da ferramenta é visualizado com um cone esférico junto a um vetor que indica a orientação corrente da ferramenta do robô. O interior do cone representa a área permitida para a orientação da ferramenta (vetor).

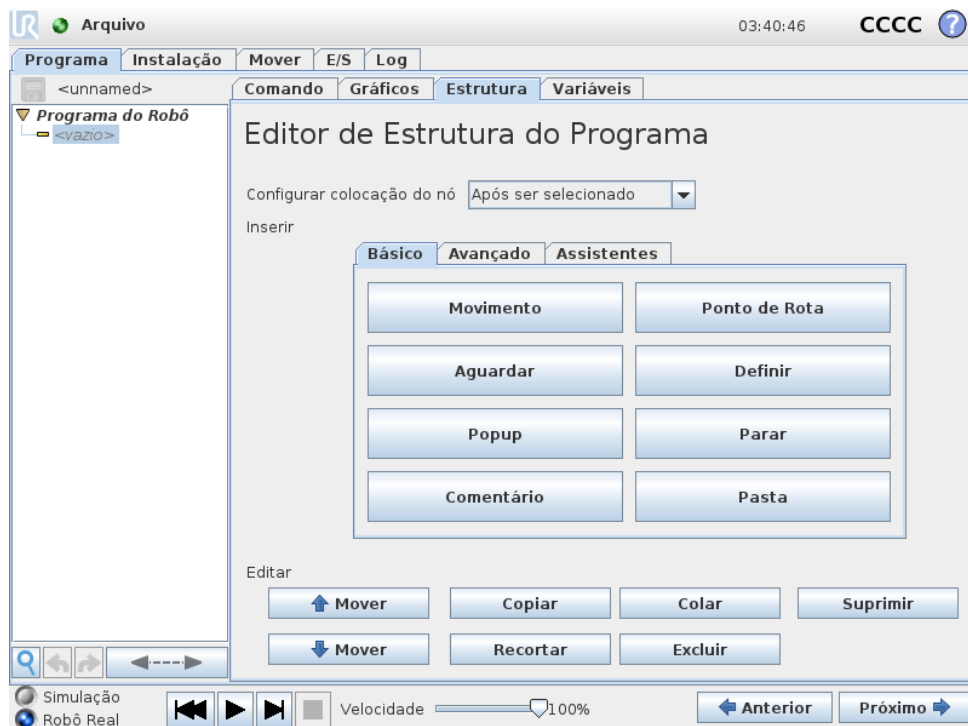
Quando o TCP do robô em questão não estiver mais na proximidade do limite, a representação 3D desaparece. Se o TCP violar ou estiver a ponto de violar um limite, a visualização do limite fica vermelha.

A visualização 3D pode ter zoom aplicado e pode ser girada para se ter uma melhor visualização do braço do robô. Os botões do lado superior direito da tela podem desativar os vários componentes gráficos na visualização 3D. O botão inferior liga/desliga a visualização dos limites mais próximos.

Os segmentos de movimentação mostrados dependem do nó do programa selecionado. Se um nó **Mover** for selecionado, o caminho exibido será a movimentação definida por esse movimento. Se um nó **Ponto de Rota** for selecionado, a exibição mostra as ~ 10 etapas de movimento a seguir.

Copyright © 2009–2018 da Universal Robots A/S. Todos os direitos reservados.

14.30 Guia Estrutura



A guia de estrutura do programa fornece uma oportunidade de inserir, mover, copiar e remover os vários tipos de comandos.

Para inserir novos comandos, execute as etapas a seguir:

- 1) Selecione um comando de programa existente.

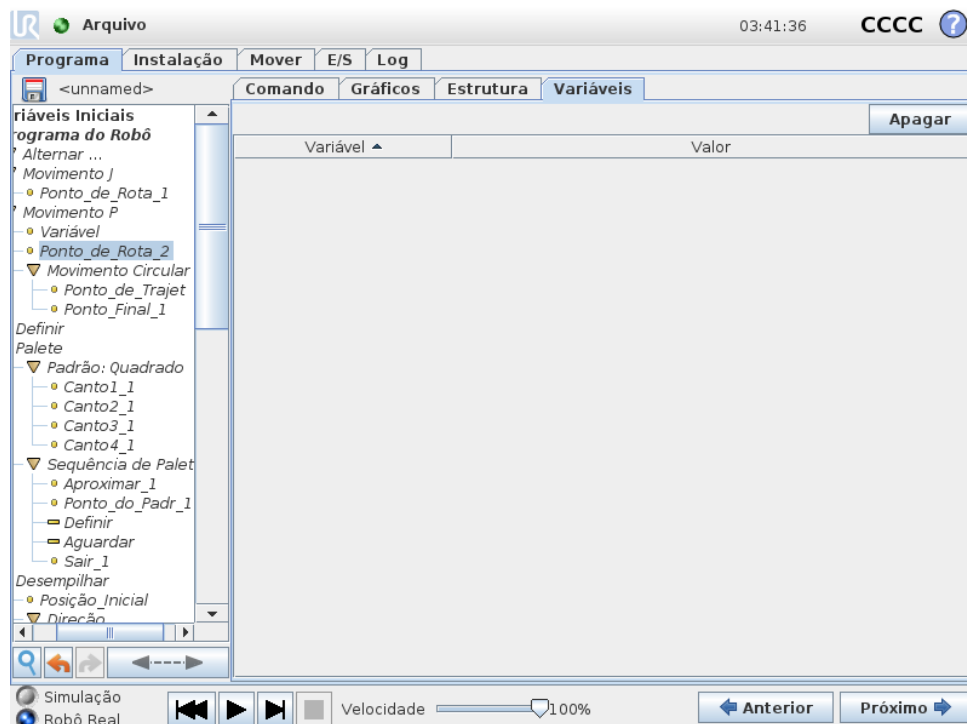
14.31 Guia Variáveis

- 2) Selecione se o novo comando deve ser inserido acima ou abaixo do comando selecionado.
- 3) Pressione o botão para o tipo de comando que deseja inserir. Para ajustar os detalhes do novo comando, acesse a guia Comando.

Comandos podem ser movidos/clonados/excluídos usando os botões do quadro de edição. Se um comando tiver subcomandos (um triângulo ao lado do comando), todos os subcomandos também serão movidos/clonados/excluídos.

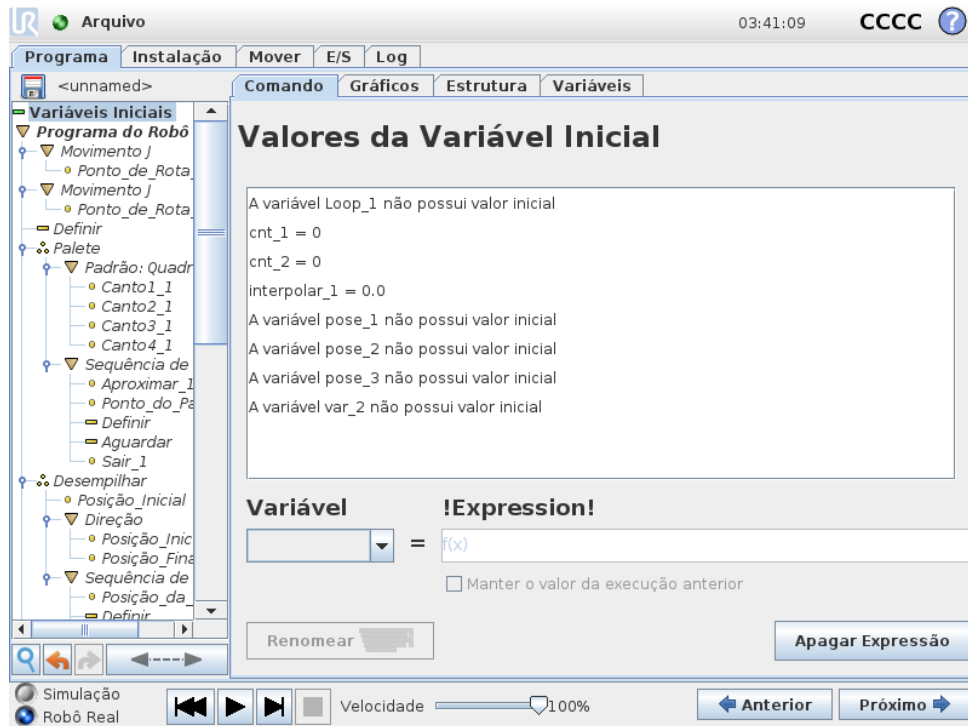
Nem todos os comandos se encaixam em todos os locais de um programa. Pontos de Rota devem estar sob um comando Mover (não necessariamente diretamente abaixo). Os comandos ElseIf e Else precisam estar após um If. Em geral, mover comandos Senão Se pode ser confuso. As variáveis precisam ter valores designados antes de serem usadas.

14.31 Guia Variáveis



A guia **Variáveis** mostra os valores ativos das variáveis no programa em execução e mantém uma lista de variáveis entre execuções do programa. Ela aparece somente quando tem informações para exibir. As variáveis são ordenadas por ordem alfabética. Os nomes das variáveis nessa tela são mostrados com no máximo 50 caracteres e os valores das variáveis são mostrados com no máximo 500 caracteres.

14.32 Comando: Inicialização de Variáveis



Essa tela permite definir valores de variáveis antes que o programa (e quaisquer threads) inicie a execução.

Selecione uma variável na lista de variáveis clicando na mesma ou usando a caixa seletora da variável. Para uma variável selecionada, pode ser inserida uma expressão que será usada para definir o valor da variável no início do programa.

Se a caixa de opção **Manter o valor da última execução** for selecionada, a variável será inicializada com o valor encontrado na guia **Variáveis** (veja 14.31). Isso permite que as variáveis mantenham seus valores entre execuções do programa. A variável obterá seu valor da expressão se o programa for executado pela primeira vez ou se a guia de valor tiver sido limpa.

Uma variável pode ser excluída do programa definindo-se seu nome para em branco (somente espaços).

15 Tela de configuração



- **Inicializar Robô** Direciona para a tela de inicialização, consulte 11.5.
- **Idioma e Unidades** Configure o idioma e as unidades de medida da interface de usuário. Consulte 15.1.
- **Atualizar Robô** Atualiza o software do robô para uma versão mais recente, consulte 15.2.
- **Definir Senha** Facilita bloquear a parte da programação do robô para evitar o acesso de pessoas sem a senha, consulte 15.3.
- **Calibrar Tela** Calibra o “toque da tela”. Consulte 15.4.
- **Configurar Rede** Abre a interface para configurar a rede Ethernet para a caixa de controle do robô, consulte 15.5.
- **Definir Hora** Configura a data e hora do sistema, bem como os formatos de exibição do relógio, consulte 15.6.
- **Configuração URCaps** Visão geral das URCaps instaladas, bem como opções para a instalação e desinstalação, consulte 15.7.
- **Voltar** Retorna à Tela de boas-vindas.

15.1 Idioma e Unidades

O idioma, as unidades e o idioma do teclado usados no PolyScope podem ser selecionados nessa tela.

O idioma selecionado é utilizado nos textos das várias telas do PolyScope, bem como nas telas de ajuda incorporadas. Marque “Programação em Inglês” para ver os nomes dos comandos dos programas do robô em inglês. O PolyScope precisa ser reiniciado para que as alterações tenham efeito.

O idioma do teclado selecionado será utilizado em todos os teclados de pop-up no PolyScope.

15.2 Atualizar Robô



As atualizações de software podem ser instaladas a partir memória flash USB. Insira uma memória USB e clique em **Pesquisar** para listar seu conteúdo. Para executar uma atualização, selecione um arquivo, clique em **Atualizar** e siga as instruções na tela.



ALERTA:

Sempre verifique seus programas após uma atualização de software. A atualização pode alterar trajetórias em seu programa. As especificações de atualização de software podem ser encontradas pressionando o botão "?", localizado no canto superior direito da interface. As especificações hardware permanecem as mesmas e podem ser encontradas no manual original.

15.3 Definir Senha

Duas senhas são suportadas. A primeira é uma senha de Sistema *opcional* que impede a modificação não autorizada da configuração do robô. Quando a senha do Sistema é definida, os programas podem ser carregados e executados sem a senha, mas o usuário deve digitar a senha correta para criar ou alterar programas.

A segunda é uma senha de Segurança *necessária* que deve ser inserida corretamente para modificar a configuração de segurança.



NOTA:

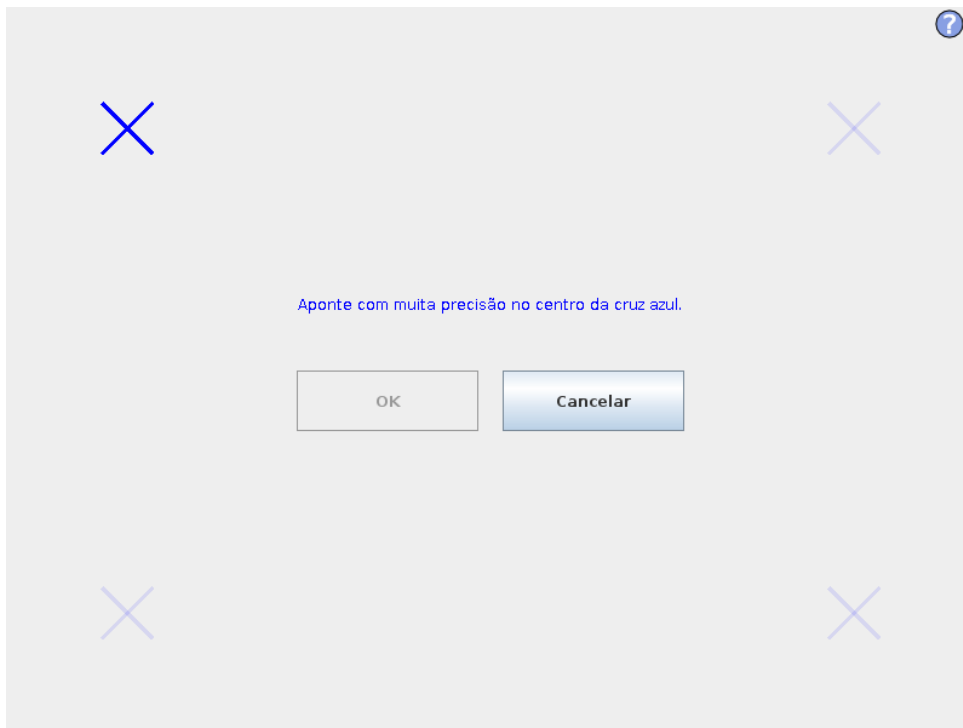
Para alterar a configuração de segurança, a senha de segurança deve ser definida.



ALERTA:

Adicione uma senha de Sistema para impedir que pessoas não autorizadas alterem a instalação do robô.

15.4 Calibrar Tela



Calibrando a touchscreen. Siga as instruções da tela para calibrar a touchscreen. Preferivelmente, use um objeto pontudo não metálico, como uma caneta fechada. Paciência e cuidado ajudam a obter um melhor resultado.

15.5 Configurar Rede



Painel para configurar a rede Ethernet. Uma conexão Ethernet não é necessária para as funções básicas do robô e é desativada por padrão.

15.6 Definir Hora

Configurar Robô

Definir Hora

Formato de hora: 24 horas 12 horas

Selecione a hora atual:

03 : 40 : 28

Definir Data

Selecione a data de hoje:

18 de Maio de 2018

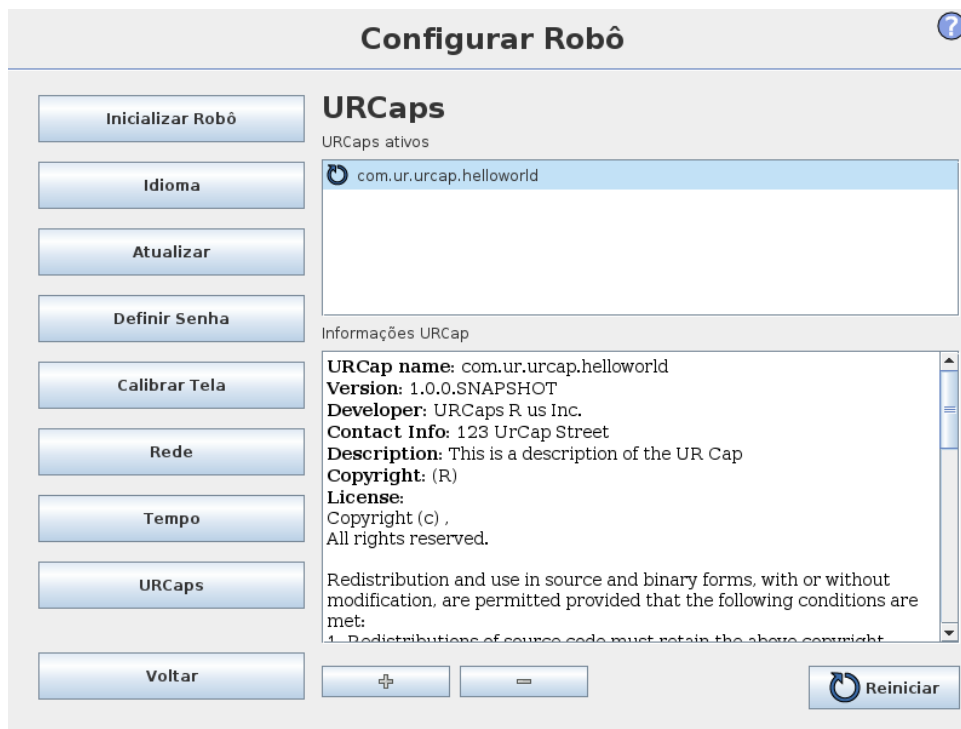
Formato de data: 18 de Maio de 2018 18/05/2018 18/05/18

Reiniciar PolyScope para que as novas configurações tenham efeito

Reiniciar

Configura a data e hora do sistema, assim como os formatos de exibição do relógio. O relógio é exibido na parte superior das telas *Executar Programa* e *Programar Robô*. Ao tocar nele, a data será rapidamente mostrada. A interface precisa ser reiniciada para que as alterações tenham efeito.

15.7 Configuração de URCaps






No topo da lista há uma visão geral de todos os *URCaps* instalados. Clicar em um *URCap* exibe sua informação meta (incluindo o nome do *URCap*, a versão, licença, etc.) na área *Informações URCap* na lista abaixo.

Clique no botão + na parte inferior da tela para instalar um novo *URCap*. Um seletor de arquivos é mostrado onde um arquivo `.urcap` pode ser selecionado. Clique em *Abrir* e PolyScope voltará à tela de configuração. O *URCap* selecionado será instalado e uma entrada correspondente aparecerá na lista logo em seguida. Os *URCaps* recém-instalados ou desinstalados exigem que o PolyScope seja reiniciado e o botão *Reiniciar* será ativado.

Para desinstalar um *URCap*, basta selecionar o *URCap* na lista e clicar no botão -. O *URCap* desaparecerá da lista, mas uma reinicialização ainda é necessária.

Na lista, o ícone mostrado ao lado de uma entrada indica o estado do *URCap*. Os diferentes estados são definidos a seguir:

-  *URCap ok*: O *URCap* está instalado e funcionando normalmente.
-  *URCap com falha*: O *URCap* está instalado, mas não conseguiu iniciar. Entre em contato com o desenvolvedor do *URCap*.
-  *É necessário reiniciar o URCap*: O *URCap* acaba de ser instalado e é necessário reiniciá-lo.



Glossário

Categoria de Parada 0: Movimento do robô é interrompido pela remoção imediata de energia. É uma parada não controlada, com a qual o robô pode desviar-se do caminho programado dado que cada articulação para o mais rápido possível. Esta parada de proteção é usada se um limite de classificação de segurança for excedido ou em caso de falha nas partes de classificação de segurança do sistema de controle. Para obter mais informações, consulte ISO 13850 ou IEC 60204-1.

Categoria de Parada 1: A movimentação do robô é interrompida com energia disponível ao robô para atingir a parada e, em seguida, a remoção da energia quando a parada é alcançada. É uma parada controlada, com a qual o robô vai continuar ao longo do caminho programado. A energia é removida assim que o robô para. Para obter mais informações, consulte ISO 13850 ou IEC 60204-1.

Categoria de Parada 2: A parada controlada com a energia disponível no robô. O sistema de controle de classificação de segurança monitora que o robô se mantenha de parado. Para obter mais informações, consulte IEC 60204-1.

Categoria 3: O termo *Categoria* não deve ser confundido com o termo *Categoria de Parada*. *Categoria* se refere ao tipo de arquitetura usado como base para um determinado *Nível de Desempenho*. Uma propriedade significativa de uma arquitetura *Categoria 3* é que uma única falha não pode levar à perda da função de segurança. Para obter mais informações, consulte ISO 13849-1.

Nível de desempenho: O Nível de Desempenho (PL, Performance Level) é um nível discreto usado para especificar a capacidade que as peças relacionadas com a segurança dos sistemas de controle têm de executar as funções de segurança em condições determinadas. O PLd é a segunda maior classificação de confiabilidade, que significa que a função de segurança é extremamente confiável. Para obter mais informações, consulte ISO 13849-1.

Cobertura de diagnóstico (DC): é uma medida da eficácia de diagnósticos implementados para alcançar o nível de desempenho classificado. Para obter mais informações, consulte ISO 13849-1.

MTTFd: O Tempo Médio de Falha Perigosa (MTTFd, Mean time to dangerous failure) é um valor com base em cálculos e testes utilizados para alcançar o nível de desempenho avaliado. Para obter mais informações, consulte ISO 13849-1.

Integrador: O integrador é a entidade que projeta a instalação final do robô. O integrador é responsável por fazer a avaliação final dos riscos e deve assegurar que a instalação final esteja em conformidade com as leis e regulamentos locais.

Avaliação de risco: Uma avaliação de risco é o processo geral de identificação de todos os riscos e reduzi-los a um nível adequado. Uma avaliação de riscos deve ser documentada. Consulte ISO 12100 para obter mais informações.

Aplicação de robô colaborativa: O termo *colaborativa* se refere à colaboração entre o operador e o robô em uma aplicação de robô. Consulte as definições e descrições precisas na ISO 10218-1 e ISO 10218-2.

Configuração de segurança: As funções e interfaces relacionadas à segurança são configuráveis por meio de parâmetros de configuração de segurança. Eles são definidos por meio da interface do software, consulte a parte II.

Índice

Symbols

Árvore de Programas II-68, II-69

A

Acompanhamento da Correia II-100
Acompanhamento da correia II-58
Antes de Iniciar II-97
Após Concluir II-97
Assistentes II-101
avaliação de risco ix, I-3, I-8, I-10

B

Base II-23, II-74
botão Teste II-96
Braço do Robô II-48, II-62
Braço do robô .. I-29, I-65, II-93, II-95, II-98, II-99

C

Caixa de Controle ix, II-62
caixa de controle I-29, I-31, I-45, I-65, II-28, II-37,
II-48
Carga da articulação II-62
Condução Livre II-45, II-47, II-53, II-96
Configuração de Segurança I-9
construção de Caso do Computador II-92

D

Definições de Segurança I-3
Definir II-83

E

E/S I-29, I-31, I-32, II-27, II-37, II-46, II-47
E/S Configurável I-31
E/S da ferramenta I-40
E/S de Segurança I-31
E/S de segurança I-33
E/S de uso geral I-31
Editor de Expressão II-92
Editor de Pose II-53
espaço de articulação II-72
Esperar II-82
Estrutura II-101
Ethernet I-44
EtherNet/IP II-46

G

Garantia I-53

I

Instalação II-48, II-101
Instruções de segurança I-47
integrador I-8

L

Lista (padrão) II-92

M

Manual de Manutenção x
Manual de Script x
menu Recurso II-94
MODBUS II-38, II-47, II-49, II-51, II-59
Modo de Recuperação II-30
Modo Força II-93
modo Normal II-102
Mover . II-27, II-53, II-54, II-72, II-73, II-75, II-83,
II-97
Movimento II-95
Movimento J II-72
Movimento L II-53, II-72
Movimento P II-53, II-72

N

norma I-65, I-66, I-68

P

Padrão II-92, II-93
padrão Caixa II-92, II-93
padrão Linha II-92, II-93
padrão Quadrado II-92, II-93
Parâmetros de união II-76
Pasta II-85
PolyScope ix, II-23, II-25, II-27, II-86, II-89
Ponto II-95
Ponto Central da Ferramenta II-41
Ponto de Rota II-75, II-80, II-97, II-102
Ponto de rota II-75
Ponto de rota relativo II-74
Ponto de rota variável II-74
Pontos de Rota II-72, II-74



Pontos de rota II-25
pop-up II-83
Posição da Âncora II-97
Programa II-27
Pulso 3 II-23

Q

Quadro II-95

R

Recurso II-52, II-59
Recurso Base II-52
Recurso Ferramenta II-53
Recurso variável II-74

S

Sequência de Paletes II-97
Simplex II-95
Sinais de advertência I-4
Suporte ix

T

Teach Pendant ix, II-47, II-96

U

União de Agentes II-75
URCaps x

V

Variáveis II-71, II-103
Variáveis de Instalação II-48