

Estudo da Viabilidade Econômica do Emprego do Robô Manipulador na Paletização de Revestimentos Cerâmicos

J. M. Neto^{a*}, C. L. Izidoro^a, A. D. Spacek^a, R. M. Castro^a, L. Schaeffer^b

^a*Tecnologia em Automação Industrial, Faculdade SATC, Criciúma, SC, Brasil*

^b*Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil*

**e-mail: joao.neto@satc.edu.br*

Resumo: No processo de produção de revestimentos cerâmicos existem várias subetapas como: a dosagem das matérias-primas, moagem, atomização, prensagem, decoração e queima, finalizando-se na classificação. Por sua vez, uma das etapas da classificação é a paletização das caixas, que ainda em muitas cerâmicas é feita de forma manual. Com o objetivo de reduzir os esforços físicos e gerar um acréscimo financeiro, por meio do aumento da produção, com ganho de qualidade do produto, este artigo fará uma análise financeira da incorporação de um braço robótico na paletização. A escolha do robô deve apresentar uma relação custo-benefício atrativa, mantendo e/ou melhorando a qualidade deste processo. Além disso, este documento analisará o processo de paletização manual, ao levar em consideração os dados de produção e de ambiente, e, através de estudos das atuais tecnologias determinar uma escolha coerente em relação à tecnologia a ser empregada.

Palavras-chave: *robô, paletização, análise econômica.*

1. Introdução

Nos últimos anos observa-se um crescimento considerável no setor de construção civil. Este crescimento tem refletido em outros segmentos da economia do país. Dentre esses, podemos destacar os revestimentos cerâmicos, o qual tem buscado adequar e/ou incorporar sistemas automáticos nas plantas industriais, para atender a demanda de consumo e elevar a qualidade do produto final e, por consequência ampliar a margem de lucro. Esta modernização dos parques industriais do segmento cerâmico deve-se em boa parte pela competitividade em relação à importação de pisos e azulejos da China.

Na indústria de revestimentos cerâmicos o emprego de robôs para realizar etapas dos processos produtivos automatizados é pouco utilizado, pois o custo de aquisição do robô na sua maioria de concepção cartesiana é relativamente alto. Assim, o retorno financeiro é comprovado apenas em alguns casos, onde as linhas de produção são de médio e grande porte, principalmente, para tarefas de paletização. Contudo, segundo Romano¹ os processos de paletização permanecem com pequenos índices de aplicação com robôs, com contribuição de apenas 2,8% do número total.

Deste modo, o artigo apresentará a viabilidade econômica do emprego de robô articulado em uma unidade de revestimentos cerâmicos, localizada no sul catarinense, para executar a paletização em uma linha de produção de revestimento cerâmicos. O ponto primordial para a determinação de sua viabilidade econômica será através dos pontos mensuráveis de redução de custos diretos e indiretos.

2. Inovações Tecnológicas Implementadas na Indústria de Revestimento Cerâmico

Na indústria de revestimentos cerâmicos a utilização de robôs e máquinas voltadas à área de automação é amplamente direcionada para transporte de produtos e equipamentos. As soluções oferecidas nesse segmento industrial são: veículos guiados a laser, correspondem a empilhadeiras que movimentam cargas sem comando direto do operador, onde a transmissão do sinal de deslocamento da empilhadeira ocorre por rotas predefinidas, movimentando cargas de um ponto a outro por meio de coordenadas específicas, assim, permite-se autonomia suficiente de movimento

para o transporte de cargas, evita-se a construção de obras presas ao piso; os robôs paletizadores de coordenadas cartesianas são utilizados para movimentar caixas de pisos possuindo arquitetura eletrônica o que proporciona movimentos rápidos, fáceis e de precisão; sistema de inspeção visual para controle de qualidade de revestimentos cerâmicos de acordo com Bueno et al.² é uma solução utilizada através do conjunto de sistemas para aquisição de imagens para posterior inspeção, que utiliza inteligência artificial através de uma câmera colocada em uma placa de recebimento de imagens que está ligada a um sistema computadorizado, sendo que essas imagens são analisadas e classificadas pelo microcomputador, que possui a rotina de classificação a ser executada; equipamento de decoração automática que aplica o conceito de colorimetria descrito pela Inktek³ como sendo a ciência e tecnologia usada para quantificar e descrever fisicamente a percepção humana da cor, que através de dosadores automáticos que possuem precisão na pesagem e mistura de cores; utilização de robôs para plastificar as caixas de pisos que se encontram organizadas nos paletes para o transporte de produto final, com intuito do armazenamento adequado.

3. Custo Operacional na Etapa de Paletização Manual

A indústria de revestimentos cerâmicos tem seu regime de trabalho de 24 horas diárias, dividido em três turnos, o que resulta em 12 funcionários por linha de produção. Segundo dados da empresa, o custo unitário referente a salários e encargos é aproximadamente R\$2.200,00/mês, resultando um custo operacional total de aproximadamente R\$26.400,00/mês. A Tabela 1 apresenta o valor gasto com a folha de pagamento para efetuar a etapa de paletização manual.

Segundo Ferraz⁴, o custo de um empregado regularizado é quase o dobro de seu salário, sendo que em outros países não têm tantos encargos e por isso são pagos melhores salários, desta forma, no Brasil muitas empresas preferem não contratar. De acordo com o departamento intersindical de estatística e estudos socioeconômicos (2012), relata que o peso dos encargos sociais corresponde a 25,1% sobre a remuneração total do trabalhador.

4. Definição do Robô para a Paletização Automática

Para realizar a etapa de paletização em análise foi escolhido o robô articulado, pois ele apresenta o volume de trabalho maior e elevada flexibilidade de movimentos, quando comparado a outros modelos de robôs. A definição do modelo do robô para realizar a atividade de paletização não deve apenas considerar o custo do equipamento, pois outros aspectos são importantes como, volume de trabalho, máxima carga de manipulação, assistência técnica, programas de qualificação pessoal interno para executar atividades de manutenção preventiva e corretiva atreladas ao robô e o custo bem como a rapidez na entrega de dispositivos eletroeletrônicos e peças mecânicas para robô. De acordo, com pontos mencionados, analisaram-se alguns fabricantes de robôs e, definiu-se o modelo KR 105-2 da *KukaRobotics*. Este possui volume de trabalho de 55,0 m³ e elevada precisão de repetições em seus movimentos, ocasionando um erro máximo de posicionamento inferior a 0,06mm. A Figura 1 mostra as características dimensionais de trabalho do robô KR 150-2.

Tabela 1. Custo atual com processo de paletização manual.

Custo operacional			
Custos	Custo/operador	Nº operadores	Total
Mensal (R\$)	2.200	12	26.400
Anual (R\$)	26.400		316.800

Fonte: Elaboração própria do autor.

Tabela 2. Dados técnicos do robô KR 150-2 (Série 2000).

KR 150-2 (série 2000)	
Capacidade de carga	150 Kg
Carga adicional	100 Kg
Área de trabalho: Raio máximo	2700 mm
Número de eixos	6
Precisão de repetição	< ± 0,06mm
Peso	1245 Kg
Unidade de comando	KR C2

Fonte: KUKA ROBOTER (2012)⁵.

As características técnicas do modelo de robô escolhido para efetuar a paletização automática nesse artigo são apresentados na Tabela 2, sendo que entre as principais características a serem consideradas antes da escolha do robô são, a capacidade de carga a ser manipulada, sua precisão de repetição que é considerada como seu erro máximo em relação a posição pré-programada. Desta forma, quando uma empresa deseja implantar um processo automatizado por meio da utilização de um robô, deve levar em consideração os itens mencionados e, assim possa decidir qual o tipo de robô a ser utilizado para realizar a atividade em uma determinada linha de produção.

5. Análise Econômica

Para avaliar se o projeto de paletização representa um investimento atrativo, utilizou-se algumas ferramentas de engenharia econômica, voltadas para área de matemática financeira, tais como: a taxa mínima de atratividade (TMA), o *payback* descontado, o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR) e o valor anual uniforme equivalente (VAUE).

5.1. Ferramentas utilizadas para análise financeira

A TMA é a taxa de juros que o investidor considera que está obtendo através de ganhos financeiros. Ela é uma taxa de baixo risco e pode ser obtida de diversas maneiras: pode ser internamente a empresa, ao realizar um balanço dos custos e investimentos da mesma; se a empresa compra por financiamentos bancários pode ser utilizada a taxa de juros aplicada; e para esse trabalho, utiliza-se como base a taxa SELIC, sistema especial de liquidação e custódia. Esta taxa tem vital importância, uma vez que as taxas de juros cobradas pelo mercado são ajustadas pela própria SELIC. De acordo, com um documento disponível no portal Brasil em abril de 2012, a taxa acumulada de 12 meses foi de 11,35%, então para fins de cálculo, a TMA utilizada será a taxa SELIC somada de 6,0%, aproximadamente 17,0%, enquanto o *payback* é o período necessário para recuperar o investimento inicial⁶. Para se calcular o *payback* somam-se as rendas oriundas deste investimento até que ele se pague, o período em que o investimento é quitado é chamado de período de *payback*. Um período de *payback* descontado é calculado considerando-se o valor do dinheiro no tempo, utilizando a TMA.

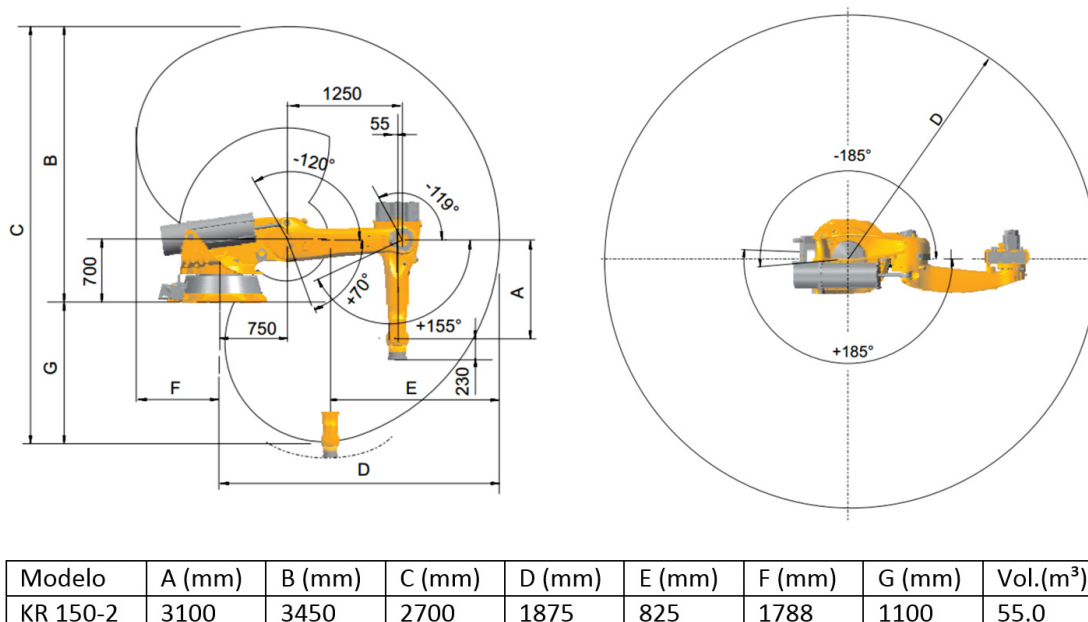


Figura 1. Volume de trabalho do robô articulado KR 150-2. Fonte: KUKA ROBOTER (2012)⁵.

O VPL consiste em trazer todos os fluxos de caixa do investimento para o instante considerado como inicial, somando-os ao valor do investimento. Hirschfeld⁷ analisa que este cálculo leva em consideração a TMA, que conta o valor do dinheiro no tempo, se o seu valor for superior à zero (positivo), em relação a este dado, o investimento é vantajoso. Quando há comparação entre projetos, o VPL pode ser decisivo na escolha, já a TIR é a taxa de desconto necessária para que o VPL seja igualado à zero, fazendo com que todas as entradas de capital sejam iguais às saídas de caixa. Quando há comparação entre investimentos, utiliza-se a TIR para a escolha do mesmo, desde que ela seja maior ou equivalente a TMA.

Ao analisar o VAUE, Cassaroto Filho⁸ diz que o método do VAUE consiste em achar a série uniforme anual equivalente ao fluxo de caixa dos investimentos à TMA, ou seja, acha-se a série uniforme equivalente a todos os custos e receitas para o projeto utilizando-se a TMA, sendo que para efetuar os seguintes cálculos, foram observados os dados disponíveis através do endereço eletrônico da *fisconet*, sendo usada uma vida útil do robô e um fator de depreciação em valores de 10 anos e 10% ao ano.

5.2. Resultados obtidos da análise econômica

O custo de investimento para etapa de paletização automática foi de R\$220.000,00, sendo R\$200.000,00 o custo do equipamento: o robô industrial; adaptação da linha de classificação e, mão de obra

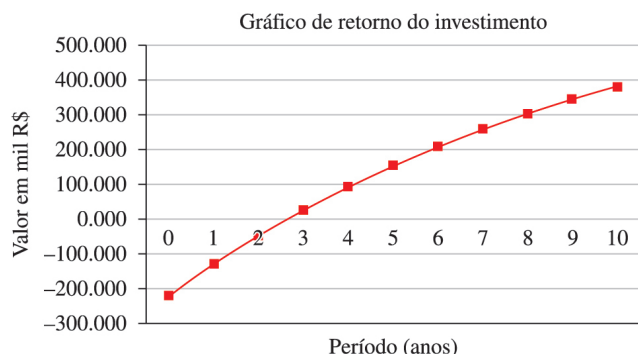


Figura 2. Gráfico de retorno de investimentos. Fonte: Elaboração própria do autor (2012).

necessária para a instalação e programação do robô e R\$20.000,00 foram os custos indiretos de adaptação da unidade ao robô, como reforço do piso para instalação do mesmo.

Esse projeto de paletização automática contempla duas linhas de classificação e, com o emprego do robô manipulador, foi possível reduzir 20 operadores nessa etapa do processo, desta forma, o custo mensal da empresa para cada operador, considerando todos os impostos e benefícios, é aproximadamente R\$2.200,00. O preço pago pelo kW/h é R\$ 0,24 e como o robô apresenta uma potência de 4,6kW, o custo inicial com energia elétrica é aproximadamente R\$ 9600,00, porém, para este custo está sendo considerada uma inflação de aproximadamente 6,0% ao ano. Com essas informações são preenchidos todos os campos da Tabela 3, necessária para os posteriores cálculos, sendo possível estimar o tempo de retorno dos investimentos e *payback* descontado. Conforme apresentado na Figura 2 o investimento se paga em um período inferior a três anos, ao considerar o dinheiro no tempo e *payback* descontado.

Hirschfeld⁷ cita que para a avaliação de um investimento, o período de *payback* pode não ser suficiente para uma tomada de decisão, pois esse período avalia somente o tempo necessário para que o investimento seja pago, não considerando o período posterior a isto. Frente a esta situação, foram realizados cálculos com a diferença entre os dois projetos, processo manual e processo automático. Sobre esta diferença calculou-se o VPL, a TIR e o VAUE, para que estas informações tenham validade para a avaliação e assim, ser tomado a melhor decisão. A Tabela 3 mostra a diferença entre os projetos.

Segundo teorias vistas anteriormente, este projeto é economicamente viável em todos os aspectos calculados: *payback* descontado, onde o projeto se paga em menos de 30% de sua vida útil, considerando 10 anos; VPL, ou dinheiro trazido para o presente, com saldo positivo de quase R\$200.000,00, que foi o valor inicial do investimento; VAUE, valor anual uniforme equivalente, gerando quase R\$40.000,00 anuais de rendimentos; não precisando necessariamente que a TMA esteja acima do valor da TIR, assim, pode-se dizer que o projeto é viável economicamente até com uma TMA próxima à 37,0%.

Tabela 3. Cálculos necessários para análise de investimento.

Diferença entre projeto automático e manual				
	Investimentos R\$	Custo Anual com Energia Elétrica R\$	Mão de obra R\$	Depreciação R\$
0	-220.000,00			
1		-9.538,56	105.600,00	-20.000,00
2		-10.110,87	111.936,00	-20.000,00
3		-10.717,53	118.652,16	-20.000,00
4		-11.360,58	125.771,29	-20.000,00
5		-12.042,21	122.217,57	-20.000,00
6		-12.764,74	141.316,62	-20.000,00
7		-13.530,63	149.795,62	-20.000,00
8		-14.342,47	158.783,36	-20.000,00
9		-15.203,02	168.310,36	-20.000,00
10		-16.115,20	178.408,98	-20.000,00
TMA (aa)	17%			
				VPL=
				TIR =
				VAUE=

Fonte: Elaboração própria do autor (2012).

6. Conclusão

Com os resultados obtidos através da análise financeira, verificou-se que em um período inferior a três anos o projeto torna-se viável, e após esse período, o processo passa a ser lucrativo, reduz-se o custo de fabricação do revestimento cerâmico e, considera-se que a depreciação do robô ocorre em 10% ao ano e com vida útil estimada em 10 anos.

Contudo, com planejamento de manutenções preventivas, é possível aumentar a vida útil do robô, deste modo, reduz-se a depreciação e aumenta-se o retorno financeiro. Observa-se, uma maior padronização em relação à disposição das caixas de revestimentos cerâmicos nos paletes, pois com o processo de paletização manual, por mais que os operadores sejam treinados de modo igual, há diferença na paletização entre um operador com experiência e um iniciante, o que pode ser evidenciada ao longo dos períodos de trabalho.

Ao observar o cenário brasileiro, percebe-se que o número de pessoas que atingiram um nível médio e superior de ensino está crescendo, gradativamente, com isso, nota-se no cenário cerâmico que a quantidade de pessoas que estão dispostas a trabalhar no sistema de escala 6x2, principalmente, em trabalhos pesados, como a paletização de revestimentos cerâmicos, está diminuindo. Desta forma, em algumas cerâmicas da região está faltando mão de obra e, as pessoas que estão dispostas a trabalhar nesse sistema realizam, mais atividades no processo de paletização que exigem grandes esforços físicos, sendo acometidas por doenças ocasionadas por lesões por esforços repetitivos (LER), pois estes trabalhos são ergonomicamente prejudiciais, independentemente, do modo que o operador realize essa tarefa.

Referências

1. ROMANO, V. F. **Robótica industrial**: aplicação na indústria de manufatura e de processos. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.
2. BUENO, M. L.; STEMMER, M. R.; BORGES, P. S. S. Inspeção visual automática de peças cerâmicas via inteligência artificial. **Cerâmica Industrial**, v. 5, n. 5, p. 29-37, 2000.
3. INKTEK. 2005. Disponível em: <<http://www.inktek.com.br/offset/colometria>>.
4. FERRAZ, C. P. 2012. **Texto sobre encargos trabalhistas**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/empreendedor/contas-em-dia-1/encargos-trabalhistas>>.
5. KUKA ROBOTER. **Robôs industriais**. São Bernardo do Campo. Disponível em: <http://www.kuka-robotics.com/brazil/br/products/industrial_robots/>. Acesso em: 11 maio 2012.
6. TAXA SELIC. Disponível em: <http://www.portalbrasil.net/indices_selic.htm>. Acesso em: 05 ago. 2012.
7. HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
8. CASAROTO FILHO, N.; KOPITKE, B. H. **Análise de investimento**: matemática financeira: engenharia econômica: tomada de decisão: estratégia empresarial. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2000.