



Processo de Projeção e
Equipamentos

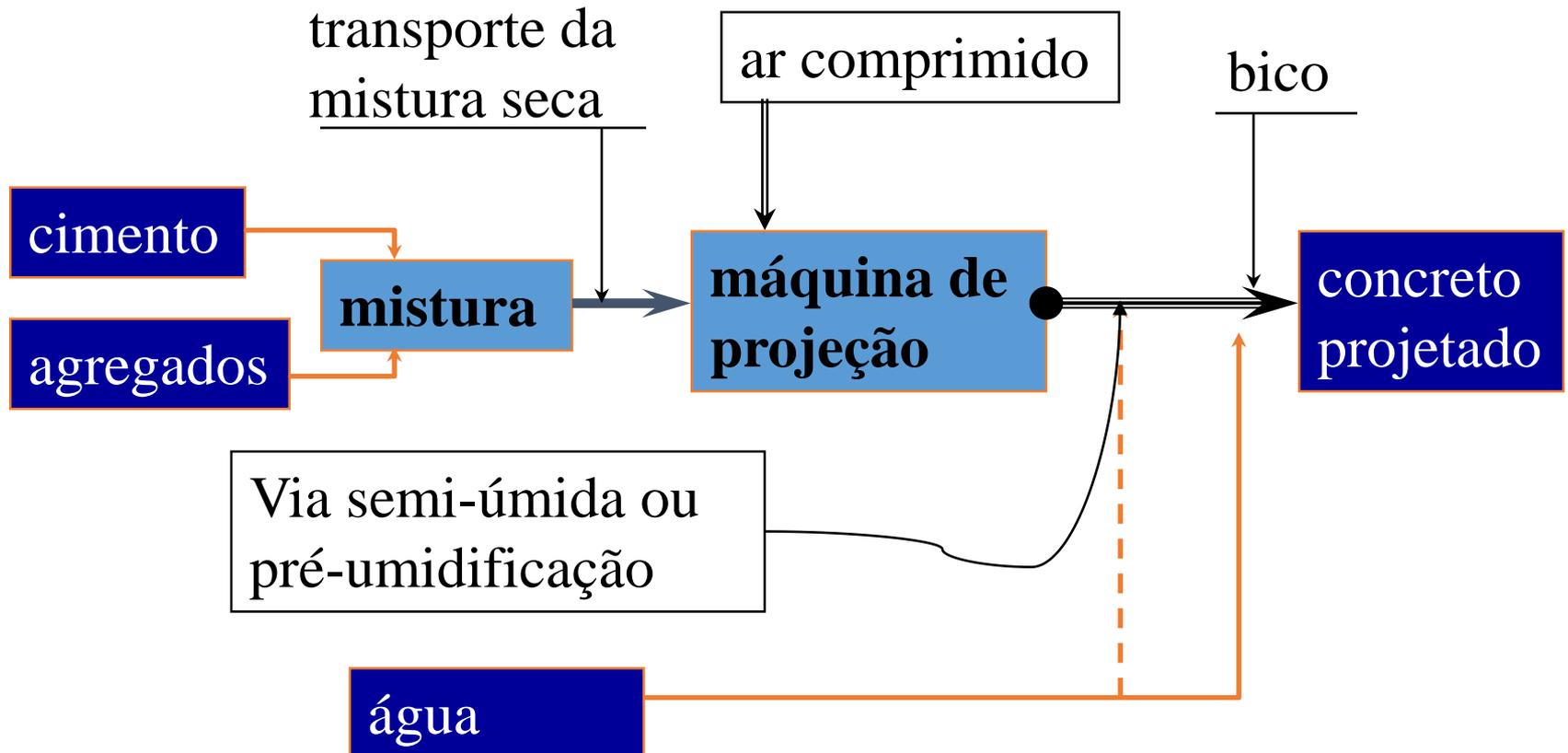
Antonio Figueiredo

Processos de projeção disponíveis

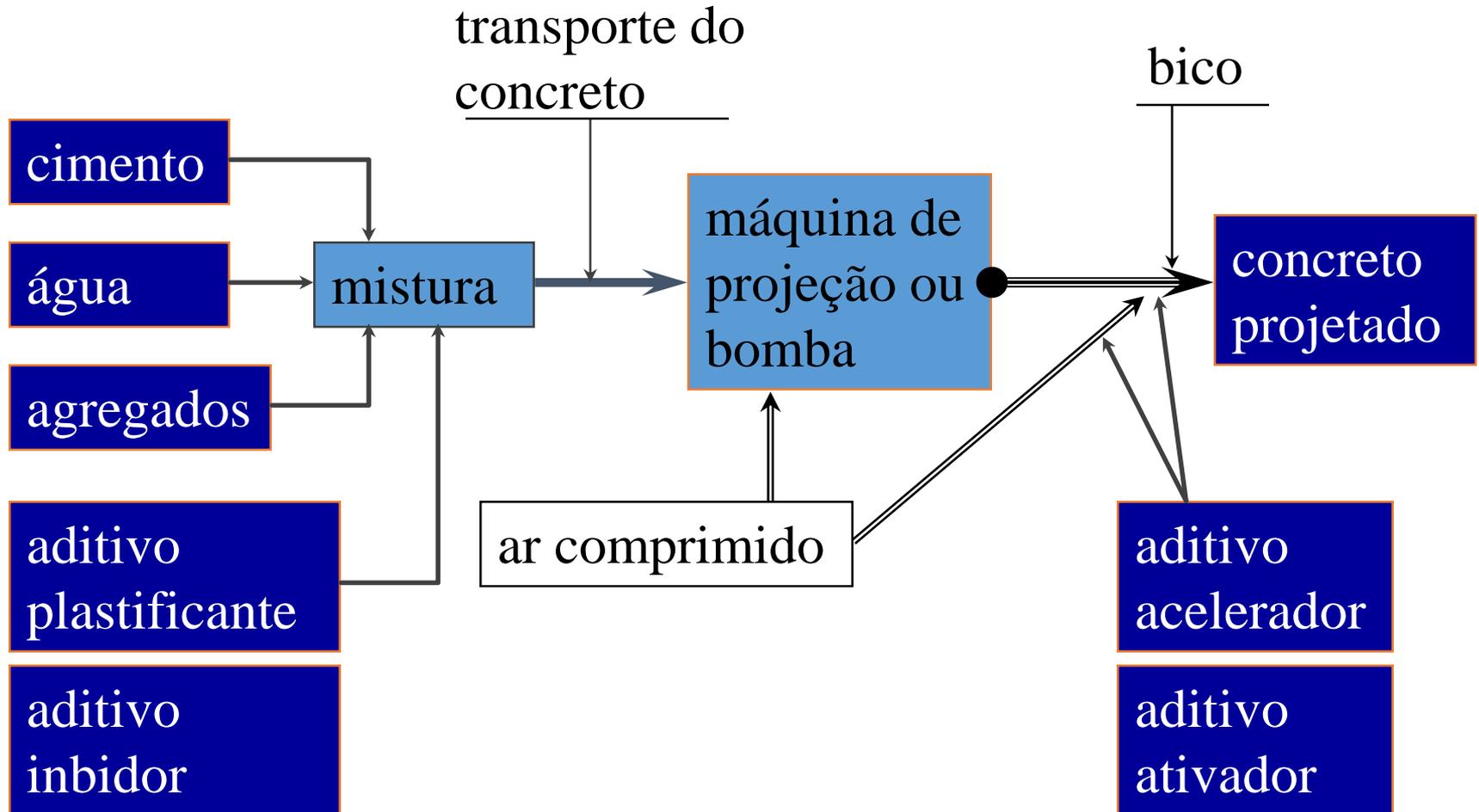
- Via seca
- Via úmida
- Pré-umidificação (via semi-úmida)

Processos de projeção disponíveis

- Via seca



Via úmida



Comparação entre os processos

- Critérios de seleção
 - Disponibilidade do equipamento
 - Fatores físicos e logísticos de obra
 - Tempo disponível
 - Especificações e exigências legais
 - Equipe
- Cuidados específicos
- Curva de aprendizado

Comparação entre via seca e úmida

<i>FATOR</i>	<i>VIA SECA</i>	<i>VIA ÚMIDA</i>
<i>Equipamento</i>	<ul style="list-style-type: none">• Barato• Fácil operação e manutenção	<ul style="list-style-type: none">• Caro• Operação manual difícil• Menor desgaste e consumo de ar
<i>Mistura</i>	<ul style="list-style-type: none">• Na obra ou na usina• “Pre-bagging”• Grande interferência no processo	<ul style="list-style-type: none">• Só na usina• Maior homogeneidade• Abatimento interfere no processo
<i>Produção</i>	<ul style="list-style-type: none">• Até $\sim 5\text{m}^3/\text{h}$	<ul style="list-style-type: none">• De 3 a $20\text{m}^3/\text{h}$

Comparação entre via seca e úmida

<i>FATOR</i>	<i>VIA SECA</i>	<i>VIA ÚMIDA</i>
<i>Reflexão</i>	<ul style="list-style-type: none">• Alta	<ul style="list-style-type: none">• Baixa
<i>Propriedades</i>	<ul style="list-style-type: none">• > Resistência• < Homogeneidade	<ul style="list-style-type: none">• < Resistência• > Homogeneidade
<i>Velocidade do jato</i>	<ul style="list-style-type: none">• Maior, permitindo excesso ou carência	<ul style="list-style-type: none">• Menor, dificilmente permitindo excesso

Comparação entre via seca e úmida

<i>FATOR</i>	<i>VIA SECA</i>	<i>VIA ÚMIDA</i>
<i>Aditivos</i>	<ul style="list-style-type: none">• Podem ser dispensados• Em pó ou líquidos• Grande versatilidade de aplicação	<ul style="list-style-type: none">• Líquidos• Em pó só no Japão• Restrições quanto à aplicação
<i>Poeira e névoa</i>	<ul style="list-style-type: none">• Grande produção	<ul style="list-style-type: none">• Baixa a média (fluxo a aerado)
<i>Versatilidade</i>	<ul style="list-style-type: none">• Alta (permite interrupções)	<ul style="list-style-type: none">• Baixa (interrupções geram perdas)

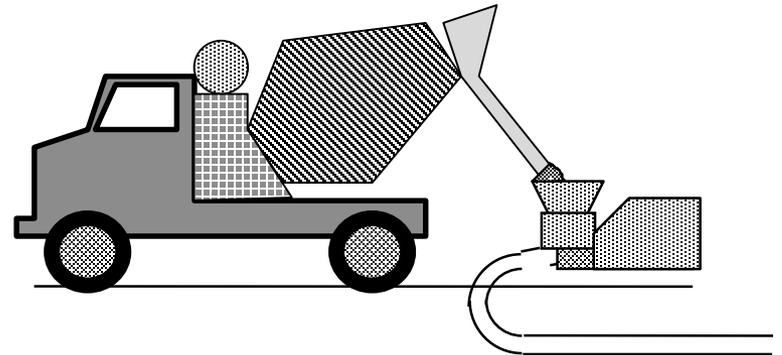
Equipamentos necessários para a projeção

- Mistura
- Sistemas de alimentação
- Compressor de ar
- Dosadores de aditivos
- Máquinas de projeção
- Braço mecânico (robô)
- Bicos e umidificação

MISTURA

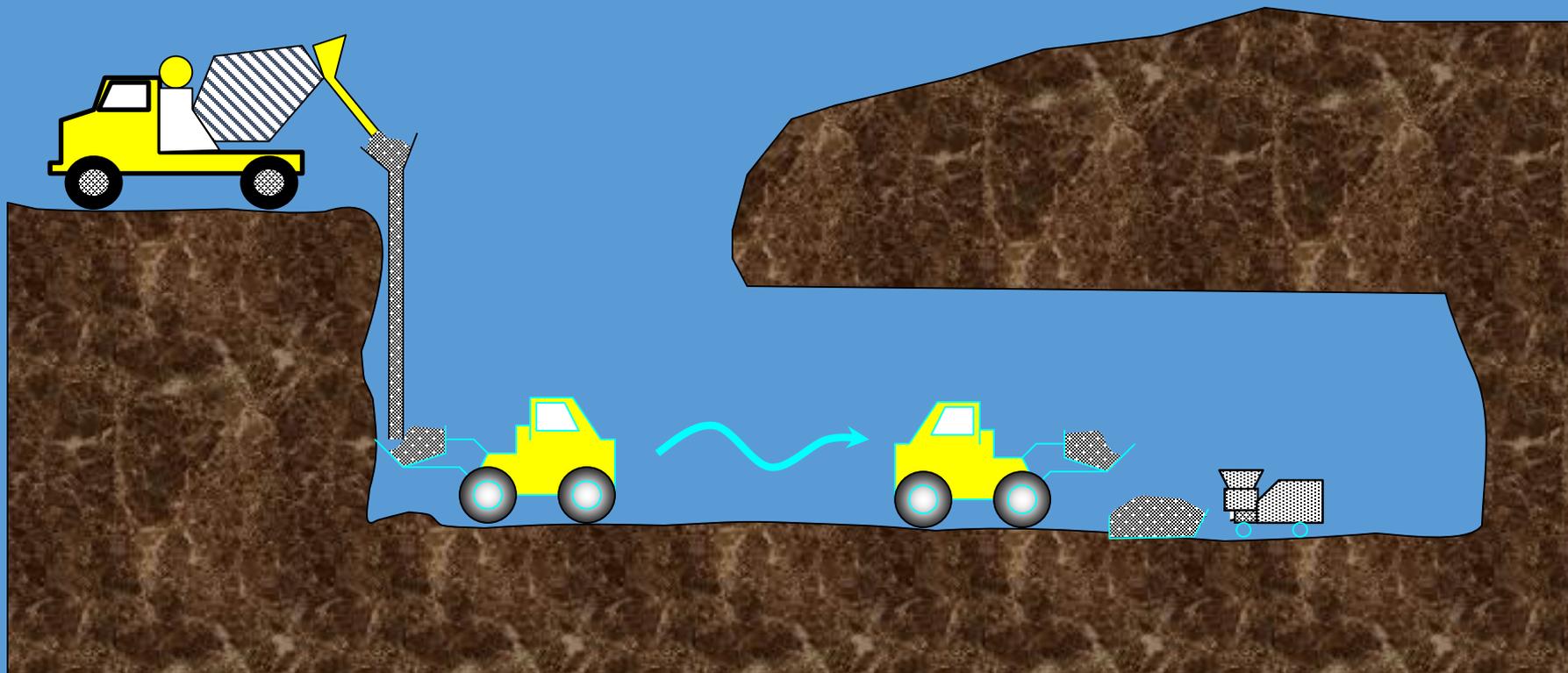
- Na obra
- Em usina externa
- Betoneira
 - Eixo inclinado
 - Eixo horizontal
 - Adequação das pás
 - Caminhão betoneira

- Cuidados especiais
 - Fibras
 - Sílica ativa
 - Armazenamento dos agregados



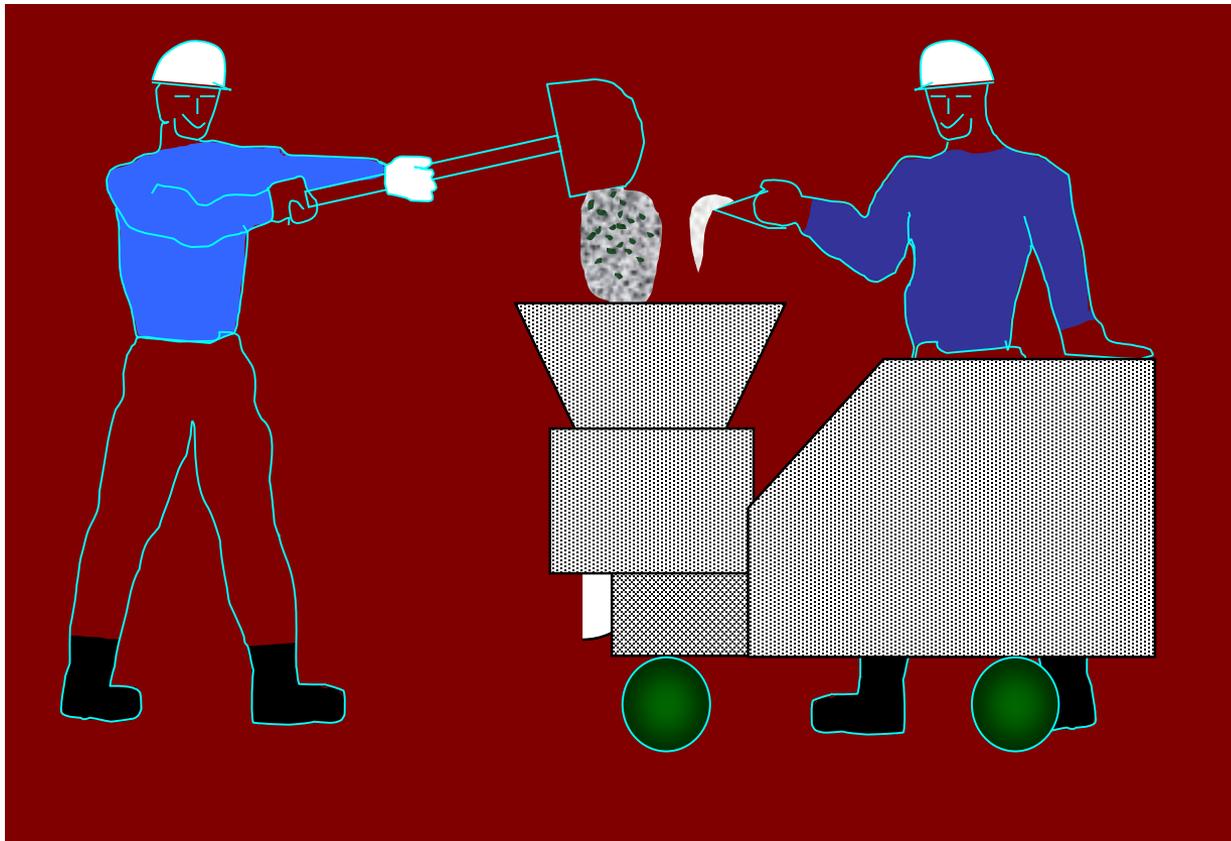
Sistemas de alimentação

- Tradicional



Sistemas de alimentação

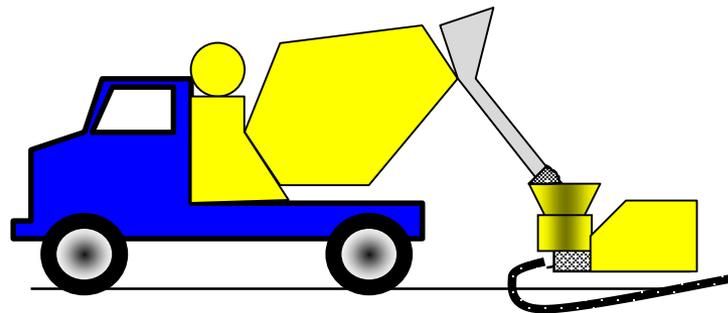
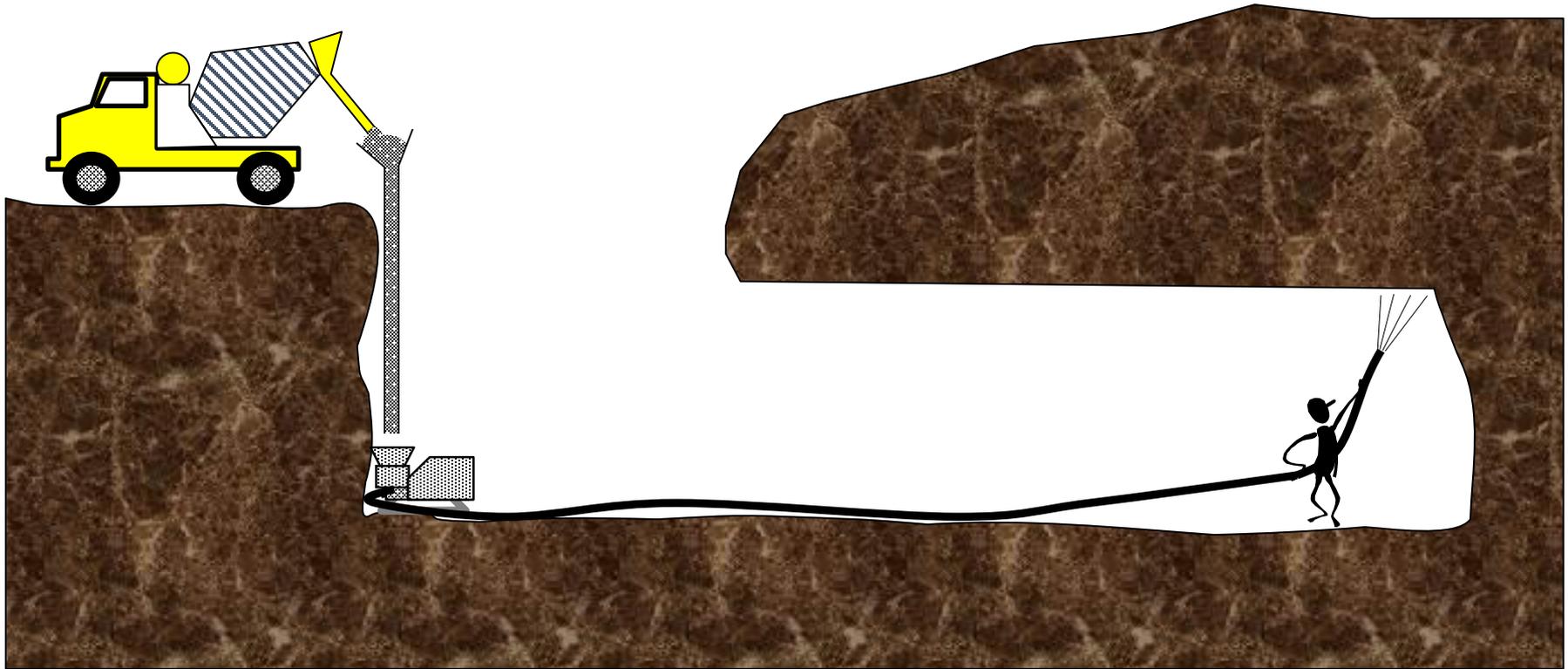
- Tradicional (arcaico)



Sistema de alimentação arcaico



Alimentação direta

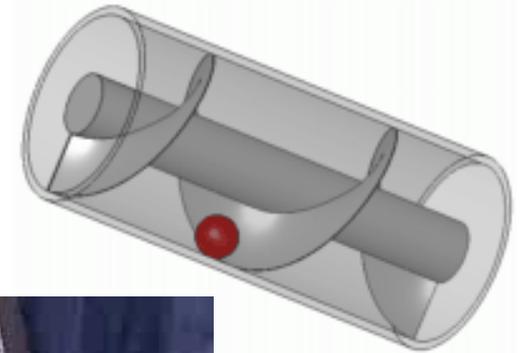


Alimentação direta



00:25-1:00 a 1:40-2:05 a 2:50 – 3:50 a 4:30

Alimentadora contínua



Alimentadoras tipo rosca-sem-fim

Compressor de ar

Um dos principais responsáveis pela velocidade de projeção

Adequação em relação ao Φ_{mangote}

$\Phi_{\text{interno do mangote (mm)}}$	Capacidade do compressor (m ³ /min. a 0,7MPa)
25	10,0
32	12,5
38	17,0
51	21,0
64	28,0

Compressor de ar

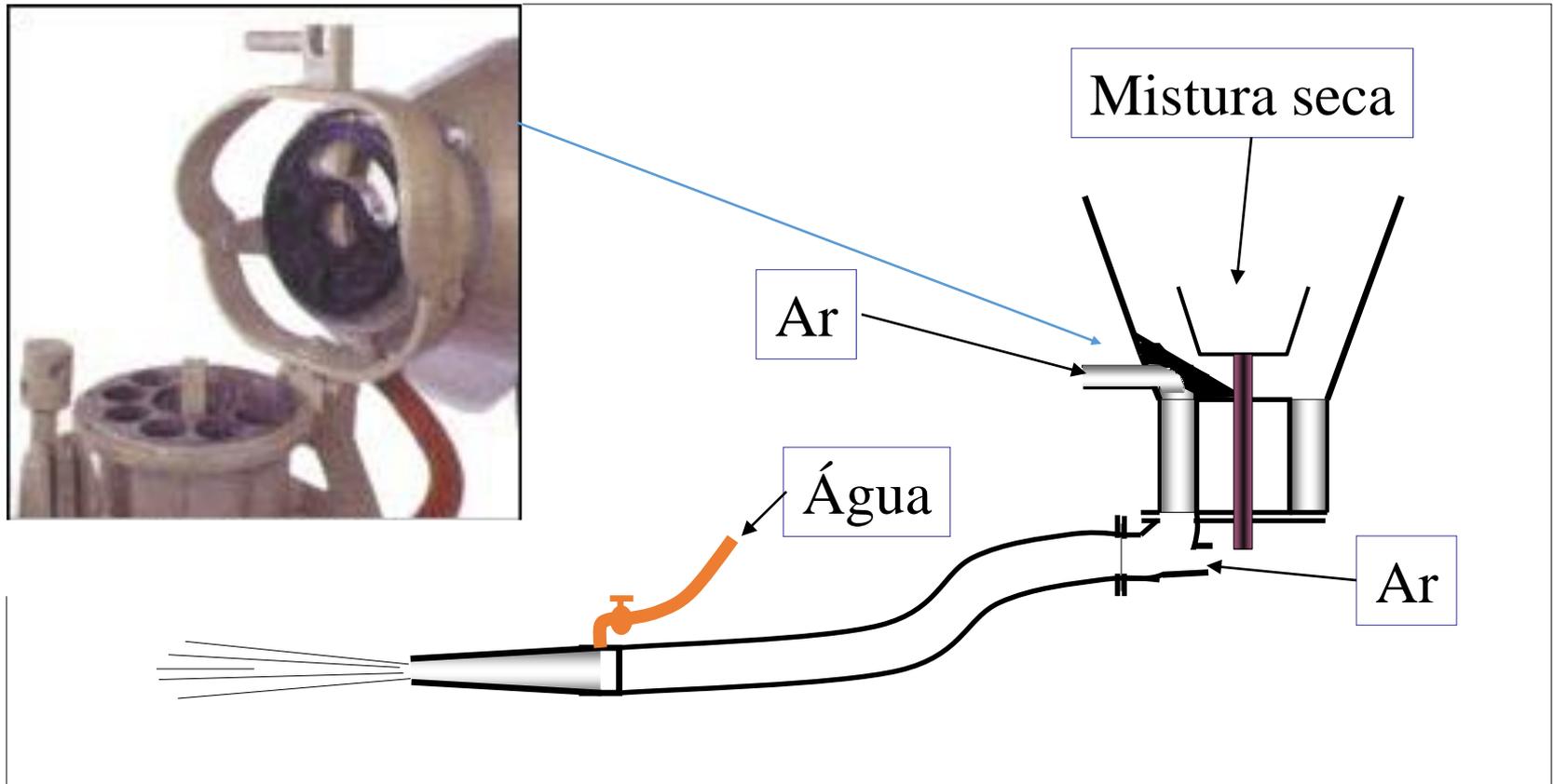
- Pulmão (reservatório)
- Ajustes segundo:
 - altura de projeção e extensão do mangote
 - tipo e idade do equipamento
 - verificação segundo a pressão de ar

Máquinas de projeção

- Via seca



Máquinas de projeção via seca e via úmida mais comum



Máquinas de projeção



As demandas de manutenção

Parts changing



Zhengzhou Sincola Machinery Co., Ltd.

Email: info@shotcretemanufacturer.com website: <http://www.shotcretemanufacturer.com>

Exemplo de equipamento

The Famous GM range

Type MEYCO	Piccola	MEYCO GM
Conveying capacity m ³ /hr	0.3 - 3.3	3.5 - 12
Internal diameter hose mm	25, 32, 40,50	50, 65
Minimum height mm	1100	1380
Total weight kg	450 - 470	700 - 810
Maximum Conveying distance Horizontal (m)	500	500
Maximum Conveying distance Vertical (m)	100	100
Clamping system	manual	manual
Drive system	available in Electric , Air or Diesel motors	



Máquinas reversíveis:
via seca e via úmida



Sistema de
projeção a
rotor

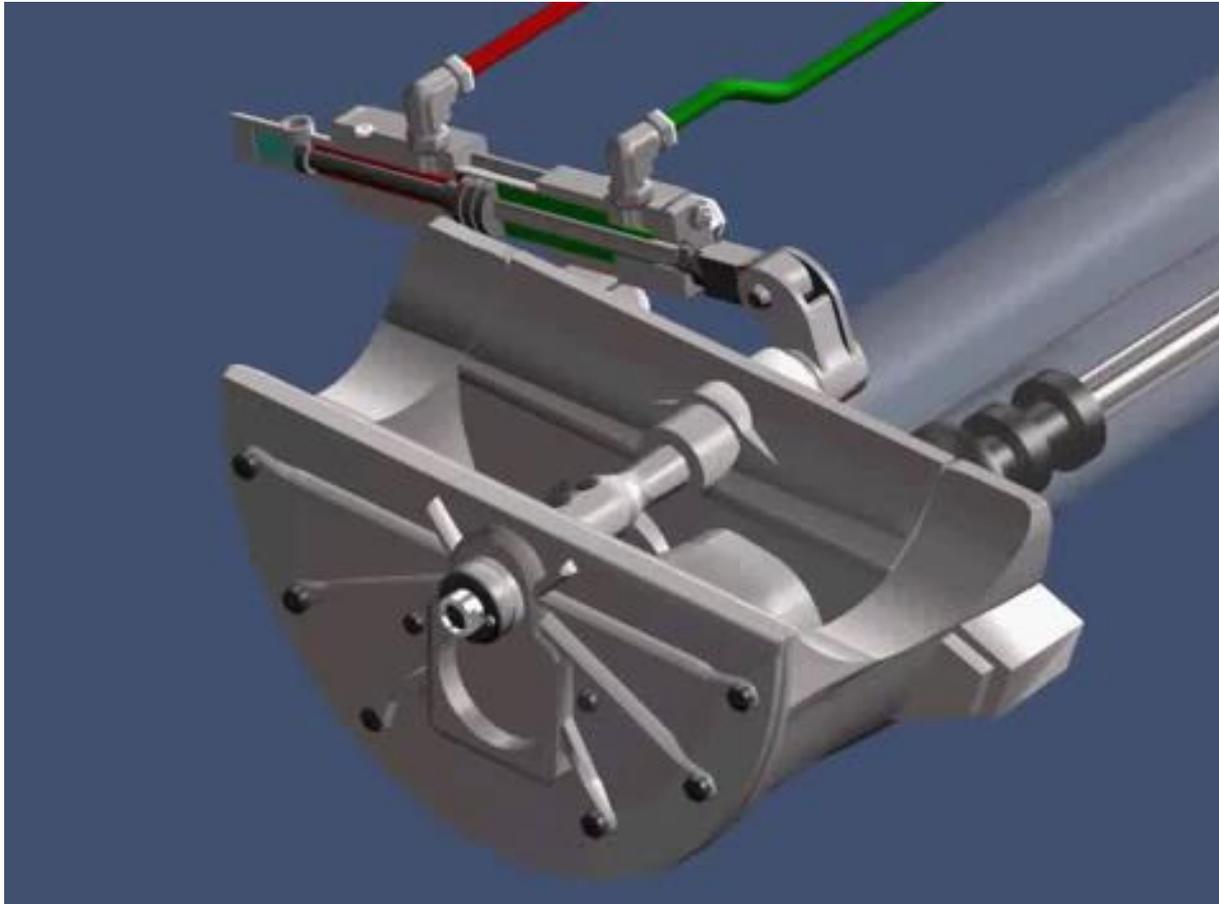
Similar à via
seca

Máquina de projeção por via úmida

Sistema a pistão e tubo “S”



Funcionamento de máquina a pistão



Máquina de projeção por via úmida

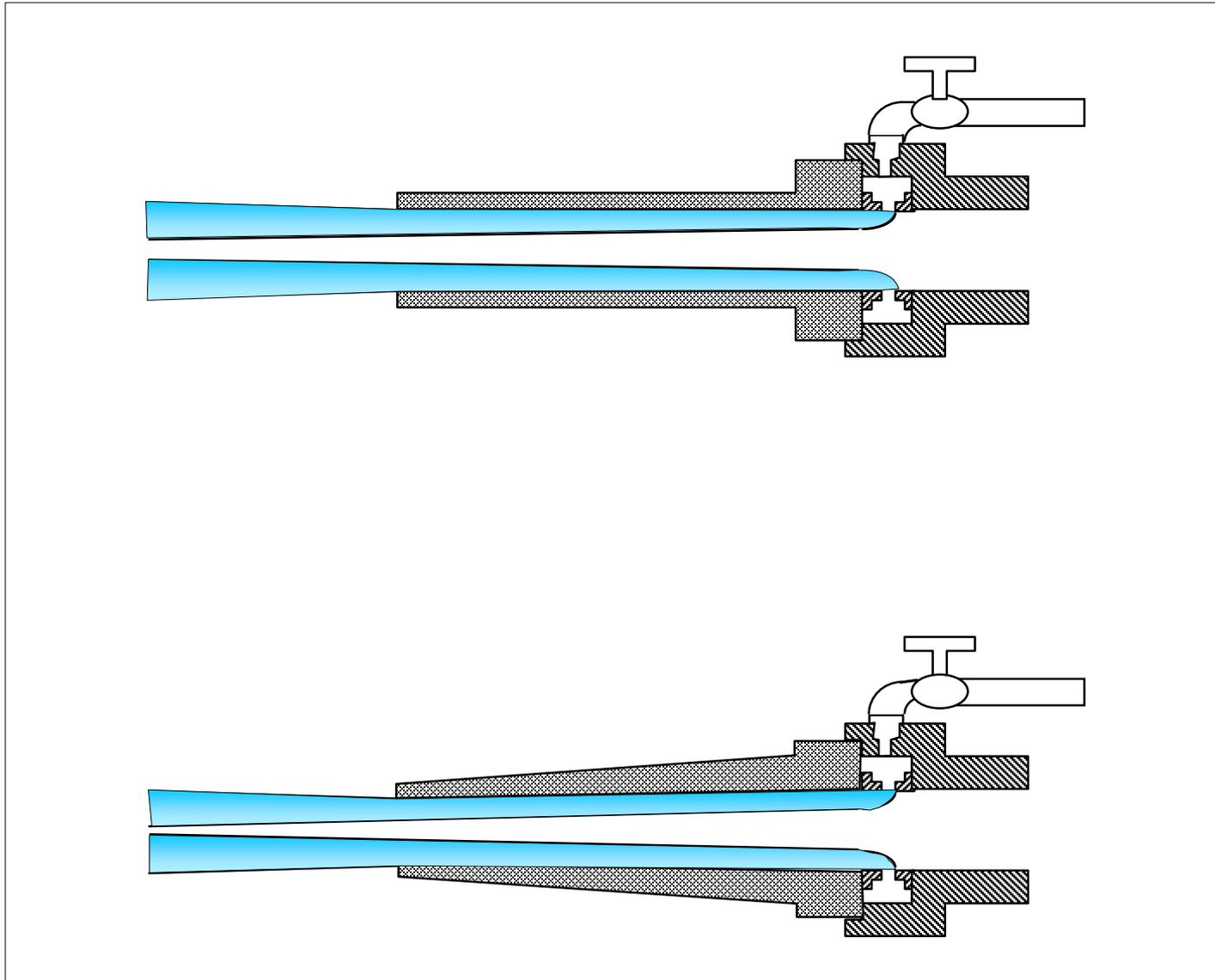


Rosca-sem-fim

Bicos de projeção

- Elementos fundamentais para garantia da qualidade do material projetado
- Definem:
 - Mistura da água na via seca
 - Mistura do aditivo e ar comprimido na via úmida
 - Direcionamento do jato e velocidade final de jateamento

Bicos de projeção



Injeção de água sob pressão

- Redução da variância (2 a 4 vezes) em comparação de lotes similares exceto pelo sistema de injeção (FIGUEIREDO, 1992)
- Homogeneização do material

Sistema de pré-umidificação com alta pressão



- A ideia principal era forçar a mistura de água.
- Houve problemas com desgaste.

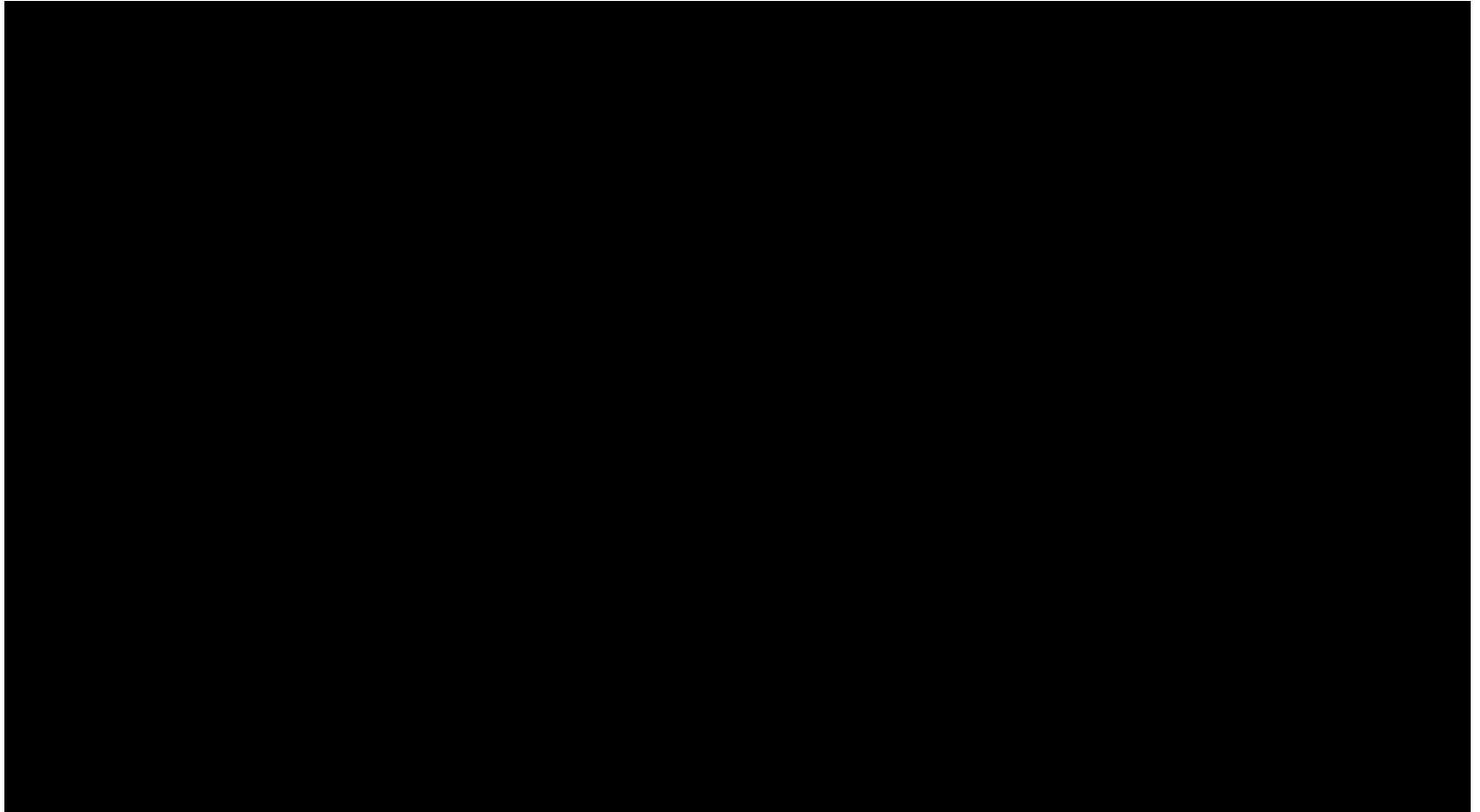
Sistema de pré-umidificação com alta pressão

- Nova ideia: entrada dupla para minimizar desgaste e maximizar mistura.



Bicos de projeção e braço mecânico

- Bicos com movimento automático
- Mistura de aditivo acelerador (dosador)
- Facilita alcance no túnel para a projeção
- Desgaste



Dosadores de aditivos

- Em pó e líquidos
- Acoplamento à alimentadora contínua, à linha de água, ao mangote ou à máquina de projeção



MEYCO Mix

Dosadores de aditivos

- Vantagens:
 - Economiza mão-de-obra
 - Evita insalubridade
 - Automatiza o processo
 - Garante o teor homogêneo conforme o especificado (há necessidade de controle)
- Desvantagens: ?

Braço mecânico

- Vantagens:

- Permite atingir pontos elevados sem suporte
- Permite projeção sobre obstáculos
- Possibilita a projeção com grandes vazões
- Permite a utilização de mangotes de maiores diâmetros
- Afasta o operador da zona de risco de deslocamentos e liberação de poeira
- Elimina esforço físico e um grande número de auxiliares de projeção

Braço mecânico



Tipos de fluxo

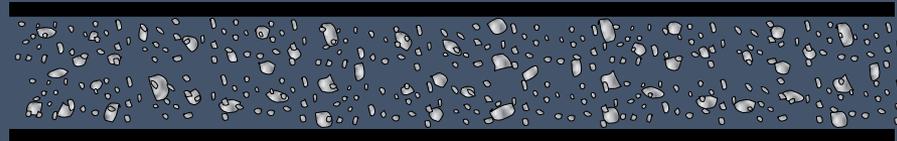
- Denso



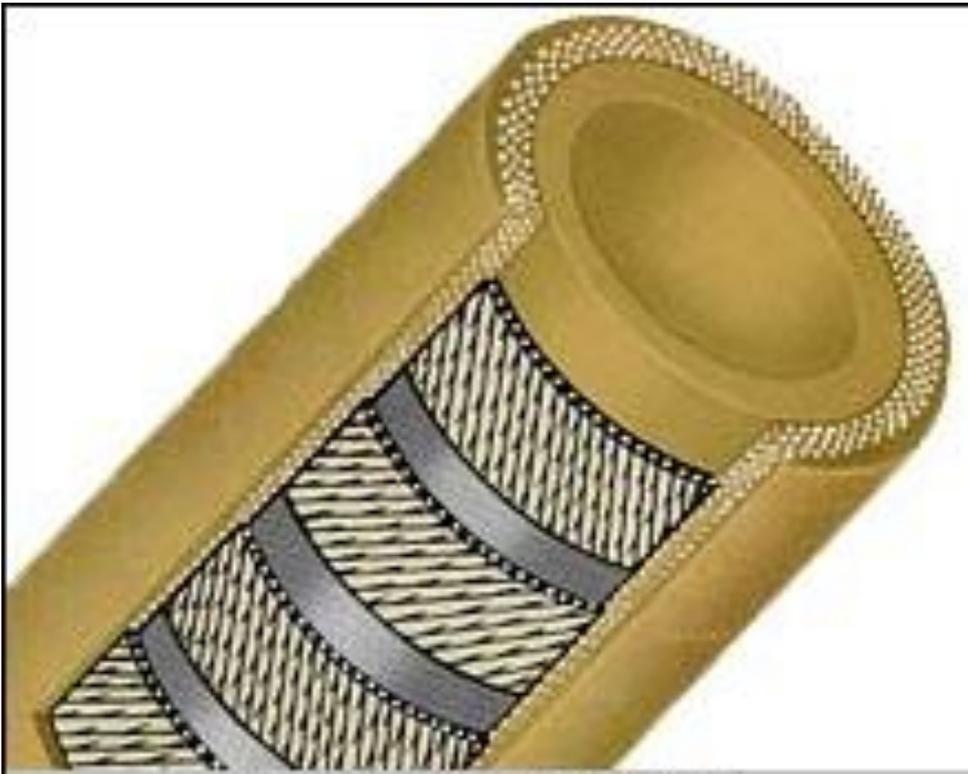
- Descontínuo



- Aerado ('fino')



Mangote



- Cuidados com o desgaste
- Cuidados com entupimentos
- Cuidados com desentupimentos

Sistemas integrados



- Compressor
- Dosador
- Máquina de projeção

Sistemas integrados



Operação do processo

- Equipe de projeção
 - Mangoteiro
 - Encarregado
 - Auxiliares
- Operação do equipamento
 - Conjunto complexo
 - Otimização constante (linha de produção)
 - Higiene e segurança



Operação do processo

- Manutenção do equipamento
 - Peças de reposição sempre disponíveis
 - Segurança (elevado desgaste)

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DOS SISTEMAS DE PROJEÇÃO DE CONCRETO POR VIA ÚMIDA DE FLUXO AERADO E DE FLUXO DENSO



*Antonio Domingues de Figueiredo
Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo*

Valdenei Nogueira
Construtora Norberto Odebrecht

Objetivo:

Avaliar comparativamente o impacto que cada sistema produz no resultado final da obra:

- ✓ Quanto à aplicabilidade;
- ✓ Quanto aos custos.

Metodologia: Mostrar quadros comparativos com os resultados obtidos em duas obras de escavação subterrânea executadas em São Paulo.

Justificativa

A importância tecnológica do concreto projetado e a sua dependência do processo de projeção.

Aspectos econômicos e condicionantes de execução:

- ✓ Pouco abordados nos trabalhos já publicados sobre o assunto.
- ✓ Contribuição para se reduzir as lacunas deste conhecimento.

EQUIPAMENTOS VIA ÚMIDA

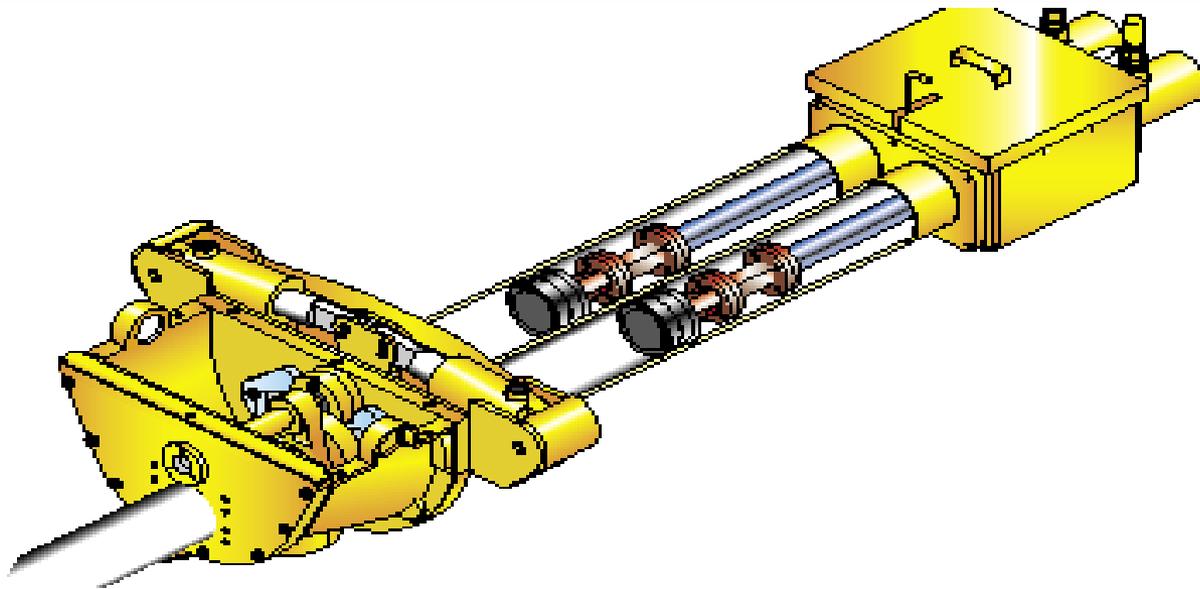
Os processos de fluxo denso está associado à bombas a pistão:



Princípio de bombeamento

BOMBA A PISTÃO

O concreto é transportado através do acionamento dos pistões e o ar comprimido, que entra somente no bico do mangote, é utilizado apenas para compactação do concreto – Também chamado **FLUXO DENSO**



EQUIPAMENTOS VIA ÚMIDA

Os processos de fluxo denso está associado à bombas a rotor:



Princípio de bombeamento

BOMBA A ROTOR

Neste processo o material alcança a tubulação em porções discretas através do giro do rotor da bomba - Também chamado FLUXO AERADO



Equipamentos utilizados no estudo:

Este estudo se ateve a bomba a rotor Aliva e a bomba a pistão Schwing.

CUIDADO TOMADO: não houve a pretensão de definir qual é a melhor ou a pior tecnologia em termos absolutos.

Foco:

Fornecer subsídios para auxiliar na decisão de qual equipamento adquirir em função das variáveis existentes em uma obra de escavação subterrânea.

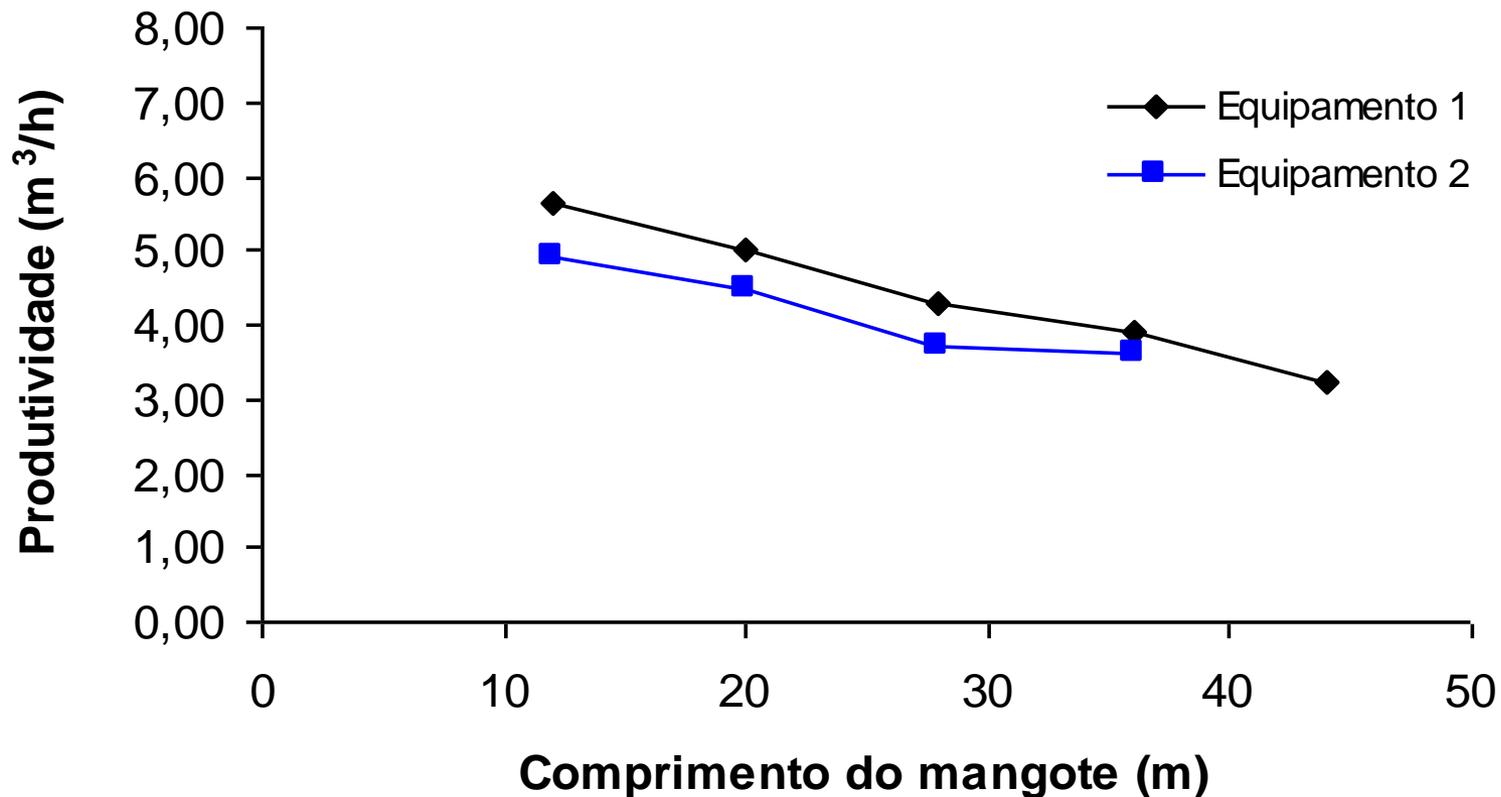
ANÁLISE COMPARATIVA

CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS A ROTOR

- São mais flexíveis – via seca e via úmida
- O rotor trabalha em duas velocidades
- Maior frequência de paralisação para troca de materiais de desgaste
- Comprimento do mangote máximo 30 m

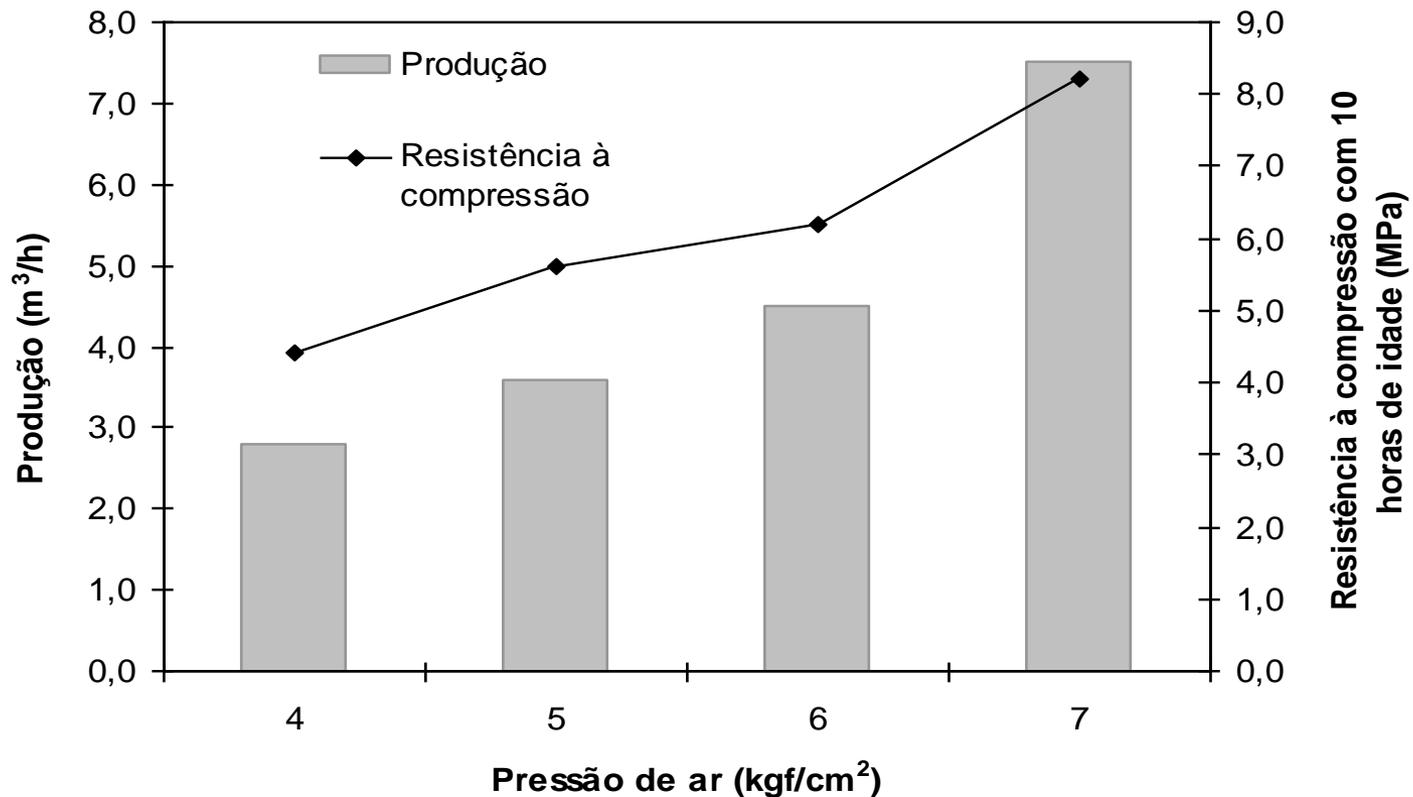
CUIDADOS PARA A ANÁLISE COMPARATIVA

INFLUÊNCIA DO COMPRIMENTO DO MANGOTE DE PROJEÇÃO NA PRODUTIVIDADE DO EQUIPAMENTO – BOMBA A ROTOR



ANÁLISE COMPARATIVA

INFLUÊNCIA DA PRESSÃO DE AR NA PRODUTIVIDADE E NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO A BAIXAS IDADES – BOMBA A ROTOR



ANÁLISE COMPARATIVA

CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS A PISTÃO

- Só é possível lançar concreto via úmida
- Produção flexível
- Transporte do concreto ocorre a velocidades mais baixas que no caso do fluxo aerado
- Comprimento do mangote até 120 m
- O ar comprimido é aplicado no bico de projeção
- Utiliza menor quantidade de ar comprimido
- Menor frequência de paralisação para troca de materiais de desgaste

ANÁLISE COMPARATIVA

FLEXIBILIZAÇÃO DO TRAÇO PARA SER UTILIZADO NOS DOIS PROCESSOS

Procurou-se avaliar comparativamente o desempenho de diferentes equipamentos, mantendo-se o mesmo traço para os mesmos.

Para que isso fosse possível houve a necessidade de compatibilização dos traços.

- **Conseguir a maior produtividade do equipamento de fluxo aerado**
- **Consistência mais plástica ou até mais fluida**
- **Alcance das características técnicas especificadas pelo cliente**
- **Menor consumo de aditivos**

ANÁLISE COMPARATIVA

COMPOSIÇÃO DOS TRAÇOS DE CONCRETO - CONCRETO FLUÍDO



ANÁLISE COMPARATIVA

COMPOSIÇÃO DOS TRAÇOS DE CONCRETO - FLEXIBILIZAÇÃO DO TRAÇO PARA SER UTILIZADO NOS DOIS PROCESSOS

▪COMPOSIÇÃO ADOTADA

Item	Valor adotado
Material cimentício	460 kg/m ³
Teor de argamassa	63,8 %
Agregado graúdo	46,0 %
Areia de quartzo	75,0 %
Areia artificial	25,0 %
Abatimento	180 à 220 mm

ANÁLISE COMPARATIVA

CUSTOS DE PRODUÇÃO

Foi possível levantar pois se dispunha de uma obra onde o concreto foi aplicado pelos dois processos simultaneamente.

Isto não seria possível em obras distintas devido às fortes variáveis intervenientes existentes neste tipo de serviço

ANÁLISE COMPARATIVA

VIDA ÚTIL DOS PRINCIPAIS ITENS DE DESGASTE DO EQUIPAMENTOS

BOMBAS A ROTOR

Material	Periodicidade de troca (m ³)
Disco de aço	100
Disco de Borracha superior	60
Disco de Borracha inferior	80
Mangote	500
Bico do mangote	100
Suporte do bico	100
Anel d'água	100
Braçadeiras	300
Mangueira do pulsador	600
Manutenção preventiva	500 m³ (100 hs)

BOMBAS A PISTÃO

Material	Periodicidade de troca (m ³)
Placa óculos	5000
Anel de corte	1600
Mancheta	3000
Mangote	3000
Manutenção preventiva	560 m³ (80 hs)

ANÁLISE COMPARATIVA

COMPARAÇÃO DO CUSTO DE MANUTENÇÃO ENTRE OS DOIS PROCESSOS

Item	Custos em reais por metro cúbico de concreto projetado	
	Equipamento a rotor (Fluxo Aerado)	Equipamento a pistão (Fluxo Denso)
Material de desgaste em geral	R\$ 49,72	R\$ 7,61
Compressores	R\$ 10,21	R\$ 7,44
Bomba de projeção	R\$ 6,23	R\$ 7,05
Total	R\$ 66,16	R\$ 22,51

ANÁLISE COMPARATIVA

CUSTO FINAL DO CONCRETO APLICADO

Com base nos quadros apresentados e considerando os outros custos envolvidos, como:

- ✓ **Mão de obra;**
- ✓ **Concreto;**
- ✓ **Aditivos e Adições;**
- ✓ **Diferença de reflexão.**

O concreto projetado pelo sistema de fluxo aerado fica 11,0 % maior que pelo fluxo denso

ANÁLISE COMPARATIVA

COMPARAÇÃO DOS PRINCIPAIS ITENS ENTRE OS PROCESSOS FLUXO DENSO X FLUXO AERADO SEM UTILIZAÇÃO DE BRAÇO MECÂNICO

Item	Fluxo Aerado	Fluxo Denso
Distância de bombeamento	Max 30 m	Até 120 m
Consumo de ar	900 PCM	700 PCM
Custo de manutenção	Maior	Menor
Custo de produção	Maior	Menor
Custo do equipamento	Menor	Maior
Susceptibilidade do equipamento ao volume de ar	Maior	Menor
Produtividade média no revestimento primário	5,0 m ³ /h	7,0 m ³ /h
Produtividade média no revestimento secundário	7,0 m ³ /h	8,5 m ³ /h
Índice de reflexão	9,0	6,0

Comentários finais:

Existe uma série de dificuldades para o engenheiro fazer uma análise minuciosa da viabilidade de um equipamento para projeção:

- As orientações contidas nos manuais das bombas de projeção divergem dos resultados que se tem obtido na prática.
- É raro se encontrar informação prática colhida em condições reais de utilização.

Comentários finais:

É difícil encontrar subsídios que auxiliem os profissionais da área de obras subterrâneas a selecionarem o equipamento de projeção mais adequado para a sua condição específica

Não é admissível limitar à mera avaliação do custo de aquisição do equipamento já que isto é comprovadamente insuficiente para a análise da tecnologia.

