

# Laboratório de Manufatura

## Ensino prático e laboratorial

Licenciatura em Engenharia Aeroespacial

Liliana Pires

Ricardo Torcato

Tecnologias de transformação de compósitos: hand lay up e enrolamento de fio.  
Vídeos de aplicação das tecnologias. Aula prática de Deposição manual em molde aberto (hand lay up) e enrolamento de fio

Agradecimento:  
Prof Martinho Oliveira - Sebenta de Materiais e Tecnologias



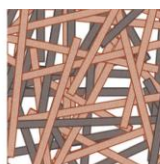
## Processamento de materiais compósitos

Cerca de **90% dos materiais compósitos têm uma matriz polimérica**. Os outros 10% são de matriz metálica ou de matriz cerâmica.

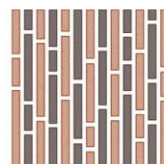
Dois aspetos fundamentais no fabrico de compósitos reforçados por fibras: orientação e sobreposição das fibras.

A natureza dos moldes depende da temperatura e da pressão requeridas.

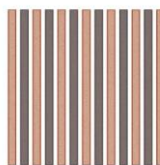
Muitas vezes é necessário aplicar desmoldante.



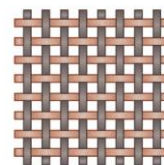
Discontinuous and randomly oriented



Discontinuous and aligned



Continuous and aligned

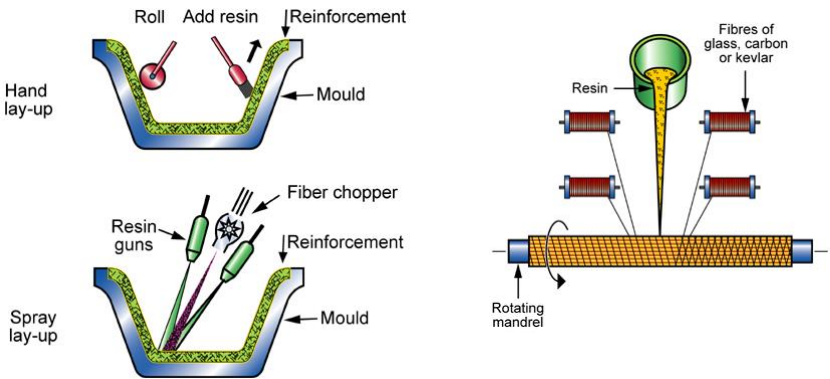


Fabric

Processos de Molde aberto para plásticos reforçados por fibras

Processos de Molde aberto

- Deposição manual
- Processo de spray
- Processo de autoclave em embalagem de vácuo
- Processo de enrolamento de fio



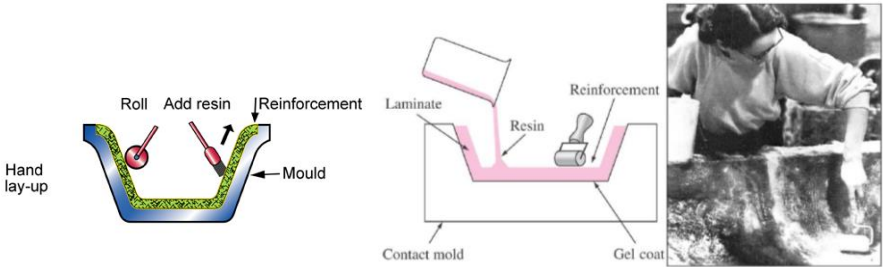
LM

EA | Liliana Pires | 3

Processos de Molde aberto: deposição manual

Processo:

- a) Aplica-se um **revestimento de gel (gel coat)** ao molde aberto
- b) O reforço de **fibras** de vidro (normalmente tecido ou manta) é colocado manualmente no molde
- c) A **resina plástica**, misturada com catalisadores e aceleradores, é **vazada ou aplicada com um pincel**.
- d) Através da **passagem de rolos**, faz-se com que a **resina molhe completamente o reforço**, removendo-se o ar
- e) **Repete-se** a partir de b)



LM

EA | Liliana Pires | 4

Processos de Molde aberto: deposição manual

Aplicações:

Usado no fabrico de cascos de barcos, depósitos, coberturas e painéis para construção, por exemplo.



LM

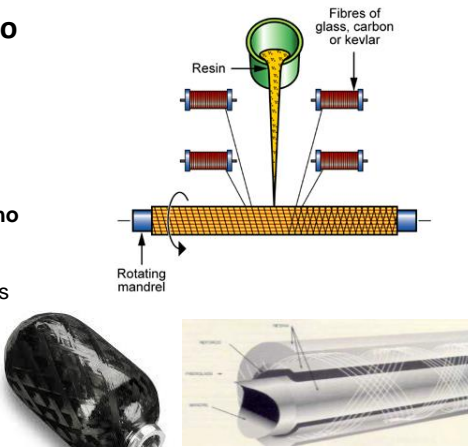
Processo de enrolamento de fio

Processo:

Utilizado no processo de fabrico de tubos cilíndricos, de elevada resistência.

A fibra é alimentada através de um banho de resina e enrolada em volta de um mandril de dimensões adequadas.

Após se ter aplicado o número de camadas considerado suficiente, o enrolamento realizado sobre o mandril é sujeito a cura, realizada à temperatura ambiente ou a uma temperatura mais elevada, numa estufa.

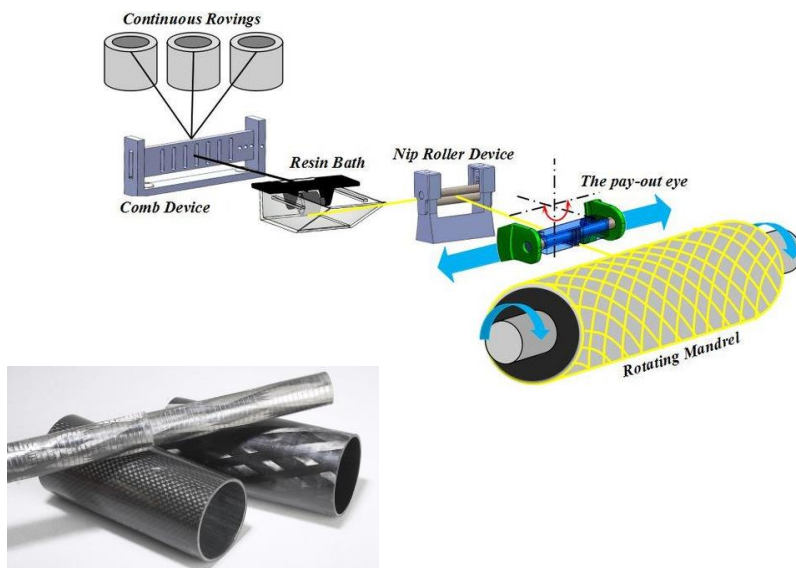


O elevado grau de orientação das fibras e o grande conteúdo em fibras permitem obter resistências à tração extremamente elevadas nestes tubos cilíndricos.

Aplicações: reservatórios para armazenagem de combustíveis e de produtos químicos, bem como vasos de pressão, e invólucros para motores de foguetões e mísseis.

LM

## Processo de enrolamento de fio



LM

EA | Liliana Pires | 7

## Molde aberto: deposição manual e enrolamento de fio – vídeos

**Deposição manual – painéis e peças automóveis, carcaça de arca congeladora, assento de cadeira, painéis de estruturas,**

<https://www.youtube.com/watch?v=rpQ9kK2P0Ng>

<https://www.youtube.com/watch?v=laEOxY8Fs6s>

<https://www.youtube.com/watch?v=4ND2WtEZatY>

<https://www.youtube.com/watch?v=kTlbZMmJ1dk>

<https://www.youtube.com/watch?v=E0klaOUIFY>

<https://www.youtube.com/watch?v=0Yaggi16S08>

[https://www.youtube.com/watch?v=ZotUR\\_GiVK8](https://www.youtube.com/watch?v=ZotUR_GiVK8)

<https://www.youtube.com/watch?v=KGAuunWs8io>

<https://www.youtube.com/watch?v=yTsXKGUdtCE>

**Enrolamento de fio**

<https://www.youtube.com/watch?v=ign6W5ENJAA>

<https://www.youtube.com/watch?v=qUaXyl2KQRg>

[https://www.youtube.com/watch?v=X6Nzsy\\_NiJg](https://www.youtube.com/watch?v=X6Nzsy_NiJg)

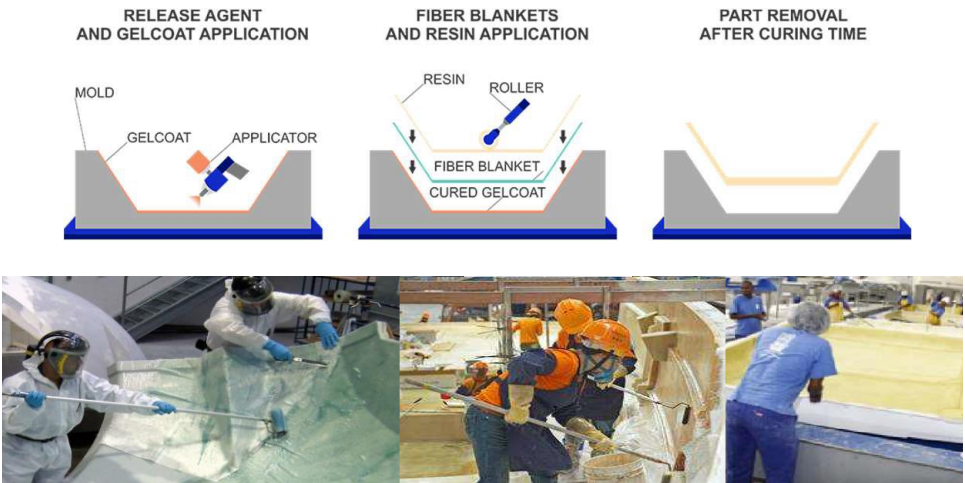
<https://www.youtube.com/watch?v=w3aDKmCRHq>

<https://www.youtube.com/watch?v=2leIYUWMq9U>

LM

EA | Liliana Pires | 8

Deposição manual em molde aberto (hand lay up)



LM

EA | Liliana Pires | 9

Deposição manual em molde aberto (hand lay up) – resinas

Resinas époxi (Rebelco)

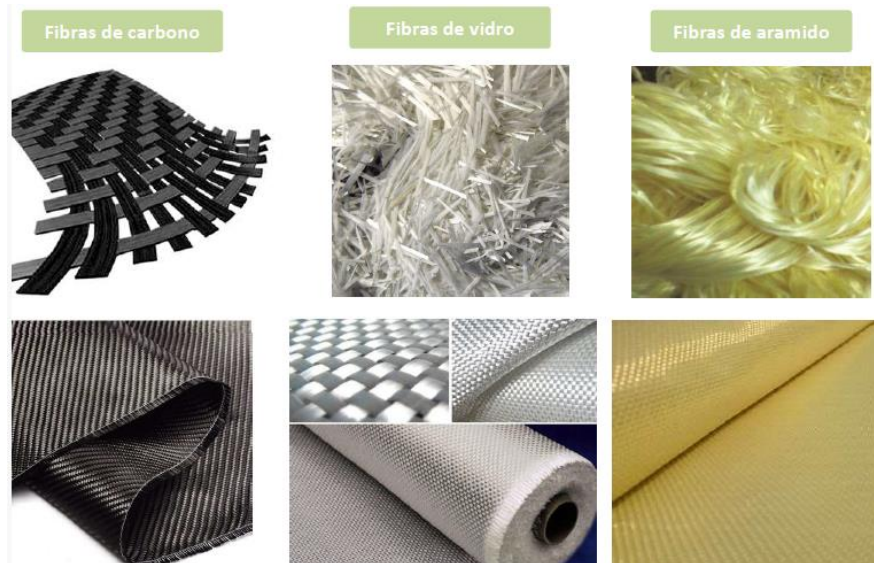
Componentes		PROPRIEDADES FISICAS				
		SR 1500	SD 2507	SD 2505	SD 2503	SD 7561
Densidade a 20°C ( g/m3 )		1.13	1.09	1	1	0,96
Aspecto		Liquido	Liquido	Liquido	Liquido	Liquido
Viscosidade a 20°C ( Cps )		2100	1800	280	180	50
Relação de mistura (em peso)		100	33	33	33	33
Relação de mistura (em volume)		100	35	37	37	39

Mistura					
Densidade 20°C ( g/m3 )		1.09	1.00	1.00	1.00
Aspecto		Liquido	Liquido	Liquido	Liquido
Viscosidade da mistura a 20°C ( mPa )		1700	800	700	530
Pot life 500 g a 20°C		16 m	35 m	1H00	7H58
Pico exotérmico 100 g à 20°C ( °C )		215	209	215	26
Tempo de gel em filme a 20°C (500 microns)		43 m	2H19m	3H15	9H45
Polimerização total a 20°C		14 dias / TA	14 dias / TA	14 dias / TA	12 H / 60°C

LM

EA | Liliana Pires | 10

## Deposição manual em molde aberto (hand lay up) – fibras

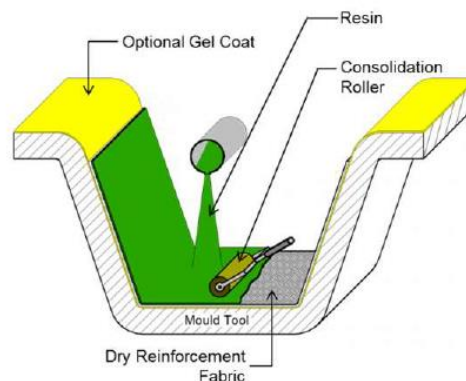


LM

EA | Liliana Pires | 11

## Deposição manual em molde aberto (hand lay up)

- Aplicação de um desmoldante (Liquid Wax 815);
- Aplicação de um revestimento de gel (*gel coat*) (*opcional*);
- Colocação manual da fase de reforço (tecido ou manta, normalmente);
- Preparação da resina (mistura) e, em seguida, é vazada ou aplicada com um pincel;
- Utilização de rolos para promover o molhamento completo das fibras pela resina e, ao mesmo tempo, remover o ar;
- Repetição a partir de c)



LM

EA | Liliana Pires | 12



## Deposição manual em molde aberto (hand lay up) - videos

**Deposição manual – peça em fibra de vidro**

<https://www.youtube.com/watch?v=VnHt-H4QeyE>

**Deposição manual – peça em fibra de carbono e aplicação de vácuo**

<https://www.youtube.com/watch?v=zY2A4YvaObc>

**Outros vídeos:**

<https://www.youtube.com/watch?v=bBbOUDDJv4Q>

<https://www.youtube.com/watch?v=MWUxhC6-q0c>

[https://www.youtube.com/watch?v=wXrg\\_cDWnpc](https://www.youtube.com/watch?v=wXrg_cDWnpc)

<https://www.youtube.com/watch?v=bsnxJoN4JAY>

<https://www.youtube.com/watch?v=KpJdwryFj6k> (Molde FFF)

<https://www.youtube.com/watch?v=cou8GGjXdck> (Tampo mesa)

<https://www.youtube.com/watch?v=haYuTANzzS8&list=PL3B2C07E01F72869B>

<https://www.youtube.com/watch?v=Q09ZFVA6nR8>

<https://www.youtube.com/watch?v=cj26c3V54SQ>