UFRGS – INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA
Departamento de Matemática Pura e Aplicada
MAT01168 - Turma D - 2018/2
Prova da área IIA

1 - 5	6	7	Total

Nome: ____________________ **Cartão:** ____________

Regras Gerais:

- Não é permitido o uso de calculadoras, telefones ou qualquer outro recurso computacional ou de comunicação.
- Trabalhe individualmente e sem uso de material de consulta além do fornecido.
- Devolva o caderno de questões preenchido ao final da prova.

Regras para as questões abertas:

- Seja sucinto, completo e claro.
- Justifique todo procedimento usado.
- Indique identidades matemáticas usadas, em especial, itens da tabela.
- Use notação matemática consistente.

Identidades:

$\operatorname{sen}(x) = \dfrac{e^{ix} - e^{-ix}}{2i}$	$\cos(x) = \dfrac{e^{ix} + e^{-ix}}{2}$
$\operatorname{senh}(x) = \dfrac{e^{x} - e^{-x}}{2}$	$\cosh(x) = \dfrac{e^{x} + e^{-x}}{2}$
$(a+b)^n = \sum_{j=0}^{\infty} \binom{n}{j} a^{n-j} b^j, \quad \binom{n}{j} = \dfrac{n!}{j!(n-j)!}$	
$\operatorname{sen}(x+y) = \operatorname{sen}(x)\cos(y) + \operatorname{sen}(y)\cos(x)$	
$\cos(x+y) = \cos(x)\cos(y) - \operatorname{sen}(x)\operatorname{sen}(y)$	

Propriedades:

1	Linearidade	$\mathcal{L}\{\alpha f(t) + \beta g(t)\} = \alpha\mathcal{L}\{f(t)\} + \beta\mathcal{L}\{g(t)\}$
2	Transformada da derivada	$\mathcal{L}\{f'(t)\} = s\mathcal{L}\{f(t)\} - f(0)$ $\mathcal{L}\{f''(t)\} = s^2\mathcal{L}\{f(t)\} - sf(0) - f'(0)$
3	Deslocamento no eixo s	$\mathcal{L}\{e^{at}f(t)\} = F(s-a)$
4	Deslocamento no eixo t	$\mathcal{L}\{u(t-a)f(t-a)\} = e^{-as}F(s)$ $\mathcal{L}\{u(t-a)\} = \dfrac{e^{-as}}{s}$
5	Transformada da integral	$\mathcal{L}\left\{\int_0^t f(\tau)d\tau\right\} = \dfrac{F(s)}{s}$
6	Filtragem da Delta de Dirac	$\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta(t-a)dt = f(a)$
7	Transformada da Delta de Dirac	$\mathcal{L}\{\delta(t-a)\} = e^{-as}$
8	Teorema da Convolução	$\mathcal{L}\{(f*g)(t)\} = F(s)G(s)$, onde $(f*g)(t) = \int_0^t f(\tau)g(t-\tau)d\tau$
9	Transformada de funções periódicas	$\mathcal{L}\{f(t)\} = \dfrac{1}{1-e^{-sT}}\int_0^T e^{-s\tau}f(\tau)d\tau$
10	Derivada da transformada	$\mathcal{L}\{tf(t)\} = -\dfrac{dF(s)}{ds}$
11	Integral da transformada	$\mathcal{L}\left\{\dfrac{f(t)}{t}\right\} = \int_s^{\infty} F(\hat{s})\hat{s}$

Séries:

$\dfrac{1}{1-x} = \sum_{n=0}^{\infty} x^n = 1 + x + x^2 + x^3 \cdots, \quad -1 < x < 1$
$\dfrac{x}{(1-x)^2} = \sum_{n=1}^{\infty} nx^n = x + 2x^2 + 3x^3 + \cdots, \quad -1 < x < 1$
$e^x = \sum_{n=0}^{\infty} \dfrac{x^n}{n!} = 1 + x + \dfrac{x^2}{2!} + \dfrac{x^3}{3!} + \cdots, \quad -\infty < x < \infty$
$\ln(1+x) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \dfrac{x^{n+1}}{n+1}, \quad -1 < x < 1$
$\arctan(x) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \dfrac{x^{2n+1}}{2n+1}, \quad -1 < x < 1$
$\operatorname{sen}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \dfrac{x^{2n+1}}{(2n+1)!}, \quad -\infty < x < \infty$
$\cos(x) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \dfrac{x^{2n}}{(2n)!}, \quad -\infty < x < \infty$
$\operatorname{senh}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \dfrac{x^{2n+1}}{(2n+1)!}, \quad -\infty < x < \infty$
$\cosh(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \dfrac{x^{2n}}{(2n)!}, \quad -\infty < x < \infty$
$(1+x)^m = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \dfrac{m(m-1)\cdots(m-n+1)}{n!}x^n,$ $-1 < x < 1,\ m \neq 0, 1, 2, ...$

Funções especiais:

Função Gamma	$\Gamma(k) = \int_0^{\infty} x^{k-1}e^{-x}dx$
Propriedade da Função Gamma	$\Gamma(k+1) = k\Gamma(k), \quad k > 0$ $\Gamma(n+1) = n!, \quad n \in \mathbb{N}$
Função de Bessel modificada de ordem ν	$I_\nu(x) = \sum_{m=0}^{\infty} \dfrac{1}{m!\Gamma(m+\nu+1)}\left(\dfrac{x}{2}\right)^{2m+\nu}$
Função de Bessel de ordem 0	$J_0(x) = \sum_{m=0}^{\infty} \dfrac{(-1)^m}{m!^2}\left(\dfrac{x}{2}\right)^{2m}$
Integral seno	$\operatorname{Si}(t) = \int_0^t \dfrac{\operatorname{sen}(x)}{x}dx$

Integrais:

$\int xe^{\lambda x}\,\mathrm{d}x = \dfrac{e^{\lambda x}}{\lambda^2}(\lambda x - 1) + C$
$\int x^2e^{\lambda x}\,\mathrm{d}x = e^{\lambda x}\left(\dfrac{x^2}{\lambda} - \dfrac{2x}{\lambda^2} + \dfrac{2}{\lambda^3}\right) + C$
$\int x^n e^{\lambda x}\,\mathrm{d}x = \dfrac{1}{\lambda}x^n e^{\lambda x} - \dfrac{n}{\lambda}\int x^{n-1}e^{\lambda x}\mathrm{d}x + C$
$\int x\cos(\lambda x)\,dx = \dfrac{\cos(\lambda x) + \lambda x\operatorname{sen}(\lambda x)}{\lambda^2} + C$
$\int x\operatorname{sen}(\lambda x)\,dx = \dfrac{\operatorname{sen}(\lambda x) - \lambda x\cos(\lambda x)}{\lambda^2} + C$

Tabela de transformadas de Laplace:

	$F(s)=\mathcal{L}\{f(t)\}$	$f(t)=\mathcal{L}^{-1}\{F(s)\}$
1	$\dfrac{1}{s}$	1
2	$\dfrac{1}{s^2}$	t
3	$\dfrac{1}{s^n}, \quad (n=1,2,3,...)$	$\dfrac{t^{n-1}}{(n-1)!}$
4	$\dfrac{1}{\sqrt{s}},$	$\dfrac{1}{\sqrt{\pi t}}$
5	$\dfrac{1}{s^{\frac{3}{2}}},$	$2\sqrt{\dfrac{t}{\pi}}$
6	$\dfrac{1}{s^k}, \quad (k>0)$	$\dfrac{t^{k-1}}{\Gamma(k)}$
7	$\dfrac{1}{s-a}$	e^{at}
8	$\dfrac{1}{(s-a)^2}$	te^{at}
9	$\dfrac{1}{(s-a)^n}, \quad (n=1,2,3...)$	$\dfrac{1}{(n-1)!}t^{n-1}e^{at}$
10	$\dfrac{1}{(s-a)^k}, \quad (k>0)$	$\dfrac{1}{\Gamma(k)}t^{k-1}e^{at}$
11	$\dfrac{1}{(s-a)(s-b)}, \quad (a\neq b)$	$\dfrac{1}{a-b}\left(e^{at}-e^{bt}\right)$
12	$\dfrac{s}{(s-a)(s-b)}, \quad (a\neq b)$	$\dfrac{1}{a-b}\left(ae^{at}-be^{bt}\right)$
13	$\dfrac{1}{s^2+w^2}$	$\dfrac{1}{w}\operatorname{sen}(wt)$
14	$\dfrac{s}{s^2+w^2}$	$\cos(wt)$
15	$\dfrac{1}{s^2-a^2}$	$\dfrac{1}{a}\operatorname{senh}(at)$
16	$\dfrac{s}{s^2-a^2}$	$\cosh(at)$
17	$\dfrac{1}{(s-a)^2+w^2}$	$\dfrac{1}{w}e^{at}\operatorname{sen}(wt)$
18	$\dfrac{s-a}{(s-a)^2+w^2}$	$e^{at}\cos(wt)$
19	$\dfrac{1}{s(s^2+w^2)}$	$\dfrac{1}{w^2}(1-\cos(wt))$
20	$\dfrac{1}{s^2(s^2+w^2)}$	$\dfrac{1}{w^3}(wt-\operatorname{sen}(wt))$
21	$\dfrac{1}{(s^2+w^2)^2}$	$\dfrac{1}{2w^3}(\operatorname{sen}(wt)-wt\cos(wt))$
22	$\dfrac{s}{(s^2+w^2)^2}$	$\dfrac{t}{2w}\operatorname{sen}(wt)$
23	$\dfrac{s^2}{(s^2+w^2)^2}$	$\dfrac{1}{2w}(\operatorname{sen}(wt)+wt\cos(wt))$
24	$\dfrac{s}{(s^2+a^2)(s^2+b^2)}, \quad (a^2\neq b^2)$	$\dfrac{1}{b^2-a^2}(\cos(at)-\cos(bt))$
25	$\dfrac{1}{(s^4+4a^4)}$	$\dfrac{1}{4a^3}[\operatorname{sen}(at)\cosh(at)- -\cos(at)\operatorname{senh}(at)]$
26	$\dfrac{s}{(s^4+4a^4)}$	$\dfrac{1}{2a^2}\operatorname{sen}(at)\operatorname{senh}(at))$
27	$\dfrac{1}{(s^4-a^2)}$	$\dfrac{1}{2a^3}(\operatorname{senh}(at)-\operatorname{sen}(at))$
28	$\dfrac{s}{(s^4-a^4)}$	$\dfrac{1}{2a^2}(\cosh(at)-\cos(at))$
29	$\sqrt{s-a}-\sqrt{s-b}$	$\dfrac{1}{2\sqrt{\pi t^3}}(e^{bt}-e^{at})$
30	$\dfrac{1}{\sqrt{s+a}\sqrt{s+b}}$	$e^{\frac{-(a+b)t}{2}}I_0\left(\dfrac{a-b}{2}t\right)$
31	$\dfrac{1}{\sqrt{s^2+a^2}}$	$J_0(at)$
32	$\dfrac{s}{(s-a)^{\frac{3}{2}}}$	$\dfrac{1}{\sqrt{\pi t}}e^{at}(1+2at)$
33	$\dfrac{1}{(s^2-a^2)^k}, \quad (k>0)$	$\dfrac{\sqrt{\pi}}{\Gamma(k)}\left(\dfrac{t}{2a}\right)^{k-\frac{1}{2}}I_{k-\frac{1}{2}}(at)$
34	$\dfrac{1}{s}e^{-\frac{k}{s}}, \quad (k>0)$	$J_0(2\sqrt{kt})$
35	$\dfrac{1}{\sqrt{s}}e^{-\frac{k}{s}}$	$\dfrac{1}{\sqrt{\pi t}}\cos(2\sqrt{kt})$
36	$\dfrac{1}{s^{\frac{3}{2}}}e^{\frac{k}{s}}$	$\dfrac{1}{\sqrt{\pi t}}\operatorname{senh}(2\sqrt{kt})$
37	$e^{-k\sqrt{s}}, \quad (k>0)$	$\dfrac{k}{2\sqrt{\pi t^3}}e^{-\frac{k^2}{4t}}$
38	$\dfrac{1}{s}\ln(s)$	$-\ln(t)-\gamma, \quad (\gamma\approx 0,5772)$
39	$\ln\left(\dfrac{s-a}{s-b}\right)$	$\dfrac{1}{t}\left(e^{bt}-e^{at}\right)$
40	$\ln\left(\dfrac{s^2+w^2}{s^2}\right)$	$\dfrac{2}{t}(1-\cos(wt))$
41	$\ln\left(\dfrac{s^2-a^2}{s^2}\right)$	$\dfrac{2}{t}(1-\cosh(at))$
42	$\tan^{-1}\left(\dfrac{w}{s}\right)$	$\dfrac{1}{t}\operatorname{sen}(wt)$
43	$\dfrac{1}{s}\cot^{-1}(s)$	$\operatorname{Si}(t)$
44	$\dfrac{1}{s}\tanh\left(\dfrac{as}{2}\right)$	Onda quadrada $f(t)=\begin{cases}1, & 0<t<a\\ -1, & a<t<2a\end{cases}$ $f(t+2a)=f(t),\quad t>0$
45	$\dfrac{1}{as^2}\tanh\left(\dfrac{as}{2}\right)$	Onda triangular $f(t)=\begin{cases}\dfrac{t}{a}, & 0<t<a\\ -\dfrac{t}{a}+2, & a<t<2a\end{cases}$ $f(t+2a)=f(t),\quad t>0$
46	$\dfrac{w}{(s^2+w^2)\left(1-e^{-\frac{\pi}{w}s}\right)}$	Retificador de meia onda $f(t)=\begin{cases}\operatorname{sen}(wt), & 0<t<\dfrac{\pi}{w}\\ 0, & \dfrac{\pi}{w}<t<\dfrac{2\pi}{w}\end{cases}$ $f\left(t+\dfrac{2\pi}{w}\right)=f(t),\quad t>0$
47	$\dfrac{w}{s^2+w^2}\coth\left(\dfrac{\pi s}{2w}\right)$	Retificador de onda completa $f(t)=\lvert\operatorname{sen}(wt)\rvert$
48	$\dfrac{1}{as^2}-\dfrac{e^{-as}}{s\left(1-e^{-as}\right)}$	Onda dente de serra $f(t)=\dfrac{t}{a},\quad 0<t<a$ $f(t)=f(t-a),\quad t>a$

• **Questão 1** (1.0 ponto) Seja $f(t) = \text{sen}^2(t)$ e $g(t) = (\text{sen}(t) + e^{-t})^2$. Assinale as alternativas que indicam respectivamente $\mathcal{L}\{f(t)\}$ e $\mathcal{L}\{g(t)\}$:

( ) $Y(s) = \dfrac{s^2+2}{s^3+4s}$

( ) $Y(s) = \dfrac{s-2}{s^3+4s}$

( ) $Y(s) = \dfrac{2}{s^2+4}$

( ) $Y(s) = \dfrac{s}{s^2+4}$

( ) $Y(s) = \dfrac{2}{s^3+4s}$

( ) $Y(s) = \dfrac{s^2+2}{s^3+4s}$

( ) $Y(s) = \dfrac{2}{s^3+4s} + \dfrac{1}{s+2}$

( ) $Y(s) = \dfrac{2}{s^3+4s} + \dfrac{2}{(s+1)^2+1} + \dfrac{1}{s+2}$

( ) $Y(s) = \dfrac{2}{s^2+4} + \dfrac{s}{s^2+1} + \dfrac{1}{s-2}$

( ) $Y(s) = \dfrac{1}{s^2+1} + \dfrac{1}{s+1}$

( ) $Y(s) = \dfrac{2}{s^3+4s} + \dfrac{2}{(s-1)^2+1} + \dfrac{1}{s-2}$

• **Questão 2** (1.0 ponto) Sabendo que $y'''(t) + y'(t) = 1$ e $y''(0) = 1$, $y'(0) = 1$ e $y(0) = 0$. Assinale as alternativas que indicam respectivamente uma expressão para $Y(s) := \mathcal{L}\{y(t)\}$ e $y(t)$

( ) $Y(s) = \dfrac{s+2s^2}{s^2+1}$

( ) $Y(s) = \dfrac{2+s^2}{s^2(s^2+1)}$

( ) $Y(s) = \dfrac{2+s}{s^2+1}$

( ) $Y(s) = \dfrac{1+s+s^2}{s^2(s^2+1)}$

( ) $Y(s) = \dfrac{1+s+s^2}{s(s^2+1)}$

( ) $y(t) = 1 + t - \cos(t) + \text{sen}(t)$

( ) $y(t) = \delta(t) + \text{sen}(t)$

( ) $y(t) = 2 - 2\cos(t) + \text{sen}(t)$

( ) $y(t) = 1 + \text{sen}(t)$

( ) $y(t) = 1 - \cos(t)$

• **Questão 3** (1.0 ponto) Sabendo que $f(t) = (u(t) + u(t-1) + u(t-2))$ e $g(t) = 2^{f(t)}$ Assinale as alternativas que indicam respectivamente uma expressão para $F(s) := \mathcal{L}\{f(t)\}$ e $G(s) := \mathcal{L}\{g(t)\}$

( ) $F(s) = \dfrac{1+2e^{-s}+3e^{-2s}}{s^2}$

( ) $F(s) = \dfrac{1+e^{-s}+e^{-2s}}{s^2}$

( ) $F(s) = \dfrac{1+e^{-s}+e^{-2s}}{s}$

( ) $F(s) = \dfrac{1+2e^{-s}+3e^{-2s}}{s}$

( ) Nenhuma das anteriores.

( ) $G(s) = \dfrac{2+4e^{-s}+8e^{-2s}}{s^2}$

( ) $G(s) = \dfrac{2+2e^{-s}+4e^{-2s}}{s^2}$

( ) $G(s) = \dfrac{2+4e^{-s}+8e^{-2s}}{s}$

( ) $G(s) = \dfrac{2+2e^{-s}+4e^{-2s}}{s}$

( ) Nenhuma das anteriores.

• **Questão 4** (1.0 ponto) Sabendo que $y(t)$ satisfaz $y(t) = 2 - e^t + e^{-t} + \int_0^t (1+\tau)y(t-\tau)d\tau$ Assinale as alternativas que indicam respectivamente uma expressão para $Y(s) := \mathcal{L}\{y(t)\}$ e $y(t)$.

( ) $Y(s) = \dfrac{2s}{s^2-1}$

( ) $Y(s) = \dfrac{2}{s^2-1}$

( ) $Y(s) = \dfrac{2}{s^2+1}$

( ) $Y(s) = \dfrac{2s}{s^2+1}$

( ) Nenhuma das anteriores.

( ) $y(t) = \text{sen}(2t)$

( ) $y(t) = \cos(2t)$

( ) $y(t) = e^t - e^{-t}$

( ) $y(t) = e^t + e^{-t}$

( ) Nenhuma das anteriores.

• **Questão 5** (1.0 ponto) Sabendo que $f(t) = 1 + \sum_{k=1}^{\infty} \delta(t-k)$ e $g(t) = \int_0^t f(\tau)d\tau$. Assinale as alternativas que indicam respectivamente $f(7/2)$ e $g(7/2)$

( ) 0

( ) 1

( ) 2

( ) 3

( ) 4

( ) 9/2

( ) 11/2

( ) 13/2

( ) 15/2

( ) 17/2

• **Questão 6** (2.0 pontos) Considere a função $f_a : \mathbb{R}_+ \to \mathbb{R}$ dada por

$$f_a(t) = a \sum_{n=1}^{\infty} u(t - an).$$

onde a é uma constante positiva.

a) (0.5) Esboce o gráfico de $f_a(t)$.

b) (1.5) Calcule $F_a(s) = \mathcal{L}\{f_a(t)\}$. Calcule o limite $F_a(s)$ quando $a \to 0+$ e interprete o resultado.

• **Questão 7** (3.0 pontos)

$$\begin{aligned} x''(t) &= -2x(t) \\ y'(t) &= -y(t) + x(t) \end{aligned}$$

Com condições iniciais dadas por $x(0) = 0$, $x'(0) = 1$ e $y(0) = 0$.

a) (1.0) Escreva as transformadas de laplace, $X(s)$ e $Y(s)$, respectivamente de $x(t)$ e $y(t)$

b) (1.0) Encontre uma expressão para $x(t)$ e esboce o gráfico.

b) (1.0) Encontre uma expressão para $y(t)$.