



## **Superintendência de Engenharia da Distribuição - ED**

Relatório

# **Critérios para Redes Compactas com Cabo Coberto de 240 mm<sup>2</sup>**

## Sumário

1. Introdução.....	2
2. Condições para a implantação do cabo coberto de 240 mm <sup>2</sup> .....	2
3. Critérios de instalações e projetos com o cabo 240 mm <sup>2</sup> .....	3
4. Participação.....	10
5. Aprovação.....	10

## 1. Introdução

Este relatório contém informações para a implantação do cabo coberto de 240 mm<sup>2</sup> em redes de distribuição compactas de 13,8 kV.

Posteriormente as informações presentes neste documento serão implantadas nas revisões das normas correspondentes como por exemplo ND-2.9 e ND-3.1.

Este trabalho foi desenvolvido com participação das gerências GP/PD, ED/PS e EM/EM.

## 2. Condições para a implantação do cabo coberto de 240 mm<sup>2</sup> 15 kV

Os cabos condutores atualmente padronizados para redes de distribuição aéreas inviabilizam algumas soluções para atendimento de acessantes ao sistema elétrico e transferências de cargas em saída de subestações.

As situações motivadoras para a padronização do cabo coberto de 240 mm<sup>2</sup> 15 kV para rede compacta são as seguintes:

- Atendimentos a produtores de energia com geração de 2,5 MVA com distâncias superiores a 4,5 km da subestação;
- Extensão de barramento de subestações de forma a reduzir a área utilizada pelas redes compactas dentro das subestações;
- Situações onde a corrente de curto-circuito supera a capacidade dos condutores de menor bitola.

Com o intuito de orientar o uso do cabo, seguem algumas recomendações:

- Utilizar preferencialmente o cabo 240 mm<sup>2</sup> como rede expressa; (Difícil de operacionalizar);
- Utilizar o cabo coberto de 240 mm<sup>2</sup> onde o cabo de alumínio 336,4 MCM ou cabo coberto de 150 mm<sup>2</sup> não atendam aos critérios de carregamento e/ou tensão;
- Nas saídas de subestações utilizar o cabo coberto de 240 mm<sup>2</sup>, de forma a criar interligações robustas entre os alimentadores, que permitam transferências de carga, onde os cabos de menor bitola não atendam aos critérios de carregamento e/ou tensão.
- O cabo coberto de 240 mm<sup>2</sup> deve ser utilizado ao longo dos alimentadores, a partir da subestação, até que os critérios de carregamento e/ou tensão possam ser atendidos com cabos de menor seção.
- Nos atendimentos de GD cuja distância elétrica seja de até 4,5 km verificar a possibilidade de utilizar os cabos 336,4 MCM e RDP 150 mm<sup>2</sup>. Acima dessa distância, considerar o estudo de fluxo de potência para definição da utilização o cabo 240 mm<sup>2</sup>.
- Para os atendimentos de GD onde se considera o FP unitário, observar a distância elétrica máxima para utilização do cabo 240 mm<sup>2</sup>.
- Nos demais atendimentos a indicação do cabo 240 mm<sup>2</sup> deverá ser dimensionada de acordo com o resultado do fluxo de potência e/ou curto-circuito.

### 3. Critérios de instalações e projetos com o cabo 240 mm<sup>2</sup>

Neste capítulo são definidos os critérios necessários para construção de rede compacta de 13,8 kV com o cabo 240 mm<sup>2</sup>. Demais critérios de instalações não contemplados neste capítulo devem ser consultados nas normas ND-2.9, ND-3.1 e ND-9.3.

Para a instalação do cabo coberto de 240 mm<sup>2</sup> 15 kV em redes de distribuição compactas de 13,8 kV devem ser utilizados os mesmos materiais já padronizados nas normas com exceção do grampo de ancoragem, emendas, conectores e terminais.

As conexões com alça estribo só são permitidas para instalação de para-raios e pontos de aterramento temporário.

As emendas no cabo devem ser realizadas com luva emenda. Na falta de luva emenda, em estruturas de ancoragem, pode usar o conector H (ver Capítulo 9 da ND-2.9).

Em áreas rurais construir a rede preferencialmente próxima às estradas, com postes de concreto seção duplo T ou concreto seção circular. Os postes de madeira ou fibra podem ser usados em locais de difícil acesso e/ou transporte.

#### 3.1. Amarração e ancoragem

Para amarração do cabo de topo e lateral em isolador de pino polimérico, utilizar o fio de amarração com medidas conforme abaixo:

Tipo de amarração	Comprimento
Topo	2,10 m
Lateral	2,30 m

Para ancoragem, utilizar o grampo de ancoragem código 374439, que é o mesmo utilizado no cabo 70 mm<sup>2</sup> de 35 kV.

#### 3.2. Conexões, emendas e terminações

Neste capítulo são definidos os conectores e terminais para as situações mais comuns previstas.

Conexão		Conector
Tronco	Derivação	Código / Tipo
240 mm <sup>2</sup>	240 mm <sup>2</sup> 150 mm <sup>2</sup>	227819 / Conector H item 6
240 mm <sup>2</sup>	Alça Estribo 1/0	227827 / Conector H item 7
Emenda		Código/Tipo
240 mm <sup>2</sup> - 240 mm <sup>2</sup>		385099 / Luva emenda item 13
Equipamento		Código/Tipo
Chave Faca 630 A		227090 / Conector terminal 2 furos item 11

Para instalação de para-raios utilizar o conjunto conector H item 7, alça estribo 1/0, 1/3 de manta autoadesiva, grampo de linha viva, cabo coberto 50 mm<sup>2</sup> 15 kV e terminal de um furo.

Para instalação de aterramento temporário utilizar o conjunto conector H item 7, alça estribo 1/0 e 1/3 de manta autoadesiva.

Para emendas no cabo condutor, utilizar a luva emenda item 13 e manta autoadesiva. Na falta de luva emenda, em estruturas de ancoragem, pode usar o conector H item 6.

Nota: Os conectores derivação cunha e perfurante para o cabo 240 mm<sup>2</sup> 15 kV estão em fase de estudo.

### 3.3. Estrutura para instalação de religadores com cabo coberto de 240 mm<sup>2</sup> em área urbana.

Para instalação de religadores em redes compactas com cabo coberto de 240 mm<sup>2</sup> 15 kV, utilizar estrutura com chaves faca 630 A de entrada e saída conforme Figura 1.

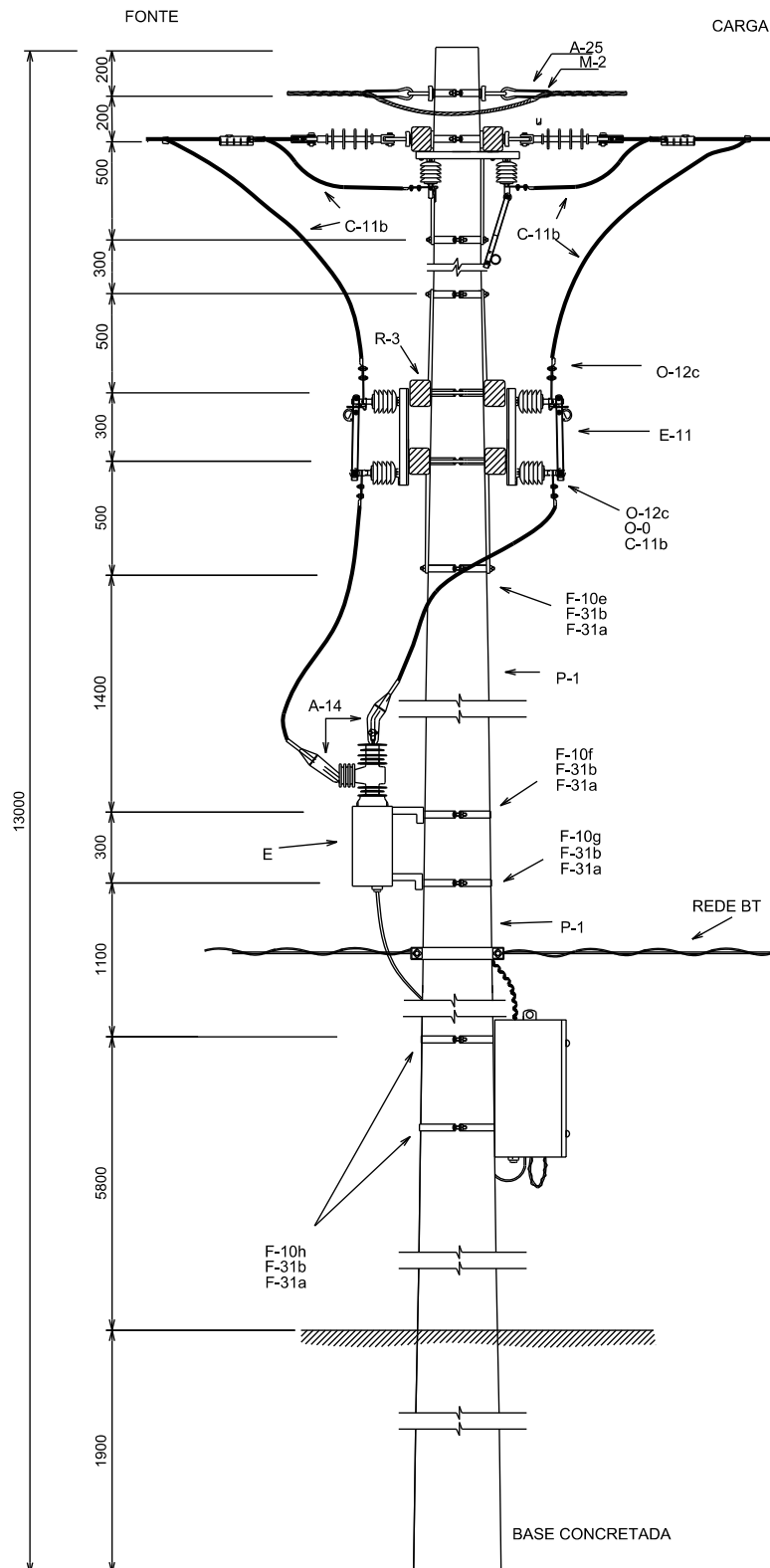


Figura 1 - Estrutura CEM4-4M para instalação de religadores em áreas urbanas.

### 3.4. Características físicas e elétricas do cabo 240 mm<sup>2</sup>

O código do cabo coberto 240 mm<sup>2</sup> 15 kV é o 380273. Segue abaixo as características do cabo:

Seção nominal (mm <sup>2</sup> )	Formação (Número mínimo de fios)	Diâmetro nominal do condutor (mm)	Diâmetro externo máximo (mm)	Resistência mínima à tração (daN)	Resistência elétrica máxima em CC, a 20°C (Ω/km)	Massa por unidade de comprimento (kg/km)
240	30 c	19,0	27,0	3120	0,125	875
<b>Corrente nominal em regime permanente - temp. ambiente de 40°C (ABNT 11873)</b>						
Temperatura no condutor: 70° C			Temperatura no condutor: 90° C			
479 A			660 A			
<b>Queda de tensão (V/A.km)</b>						
<b>FP 1,0</b>		<b>FP 0,92</b>			<b>FP 0,8</b>	
0,28		0,42			0,47	
<b>Componentes simétricas (ohm/km)</b>						
<b>Sequencia positiva</b>		<b>Sequencia negativa</b>			<b>Sequencia zero</b>	
0,1611 + j0,2091		0,1611 + j0,2091			0,3346 + j2,2279	
<b>Corrente de Curto-Circuito suportável (A)</b>						
<b>1 s</b>	<b>2 s</b>	<b>3 s</b>	<b>4 s</b>	<b>5 s</b>		
27.840	6.960	3.093	1.740	1.114		

### 3.5. Trações de projeto

Tabela 1 - Trações de Projeto Rede Compacta – Cabo 240 mm<sup>2</sup> 15 kV

Vão (m)	Tração (daN)		
	Urbano 60 km/h	Rural 80 km/h	Rural 100 km/h
4 a 20	588,0	613,0	677,0
24	588,0	617,0	707,0
28	588,0	633,0	732,0
32	588,0	646,0	751,0
36	592,0	656,0	767,0
40	598,0	664,0	779,0
44	602,0	671,0	790,0
48	606,0	676,0	798,0
52	609,0	680,0	805,0
56	612,0	684,0	811,0
60	614,0	687,0	816,0
64	615,0	689,0	820,0
68	617,0	691,0	824,0
72	618,0	693,0	827,0
76	619,0	694,9	830,0
80	620,0	696,0	832,0
84	621,0	697,0	834,0
88	622,0	699,0	836,0
92	622,0	700,0	837,0
96	623,0	700,0	839,0
100	623,0	701,0	840,0

### 3.7. Trações e flechas de montagem – Cabo Coberto 240 mm<sup>2</sup> 15 kV

**Tabela de Trações de Montagem – Cabo mensageiro (daN)**

Temp. °C	Valores de Vãos (m)									
	4,0	8,0	12,0	16,0	20,0	24,0	28,0	32,0	36,0	40,0
0	570,86	529,64	482,79	441,69	409,39	385,05	366,88	353,24	342,87	334,88
5	466,62	444,23	419,15	396,42	377,51	362,35	350,37	340,94	333,47	327,53
10	381,95	376,48	368,67	359,77	350,93	342,84	335,80	329,83	324,84	320,67
15	312,64	322,36	328,09	329,61	328,43	325,88	322,83	319,74	316,86	314,26
20	255,91	278,96	295,10	304,46	309,15	310,98	311,18	310,53	309,46	308,24
25	209,86	244,07	268,01	283,23	292,45	297,78	300,66	302,06	302,57	302,57
30	173,11	215,95	245,52	265,12	277,85	285,98	291,09	294,24	296,13	297,22
35	144,40	193,20	226,69	249,52	264,98	275,38	282,35	287,00	290,10	292,16
40	122,39	174,67	210,76	235,95	253,54	265,79	274,32	280,27	284,43	287,36
45	105,67	159,47	197,16	224,06	243,30	257,06	266,91	273,98	279,09	282,79
50	92,94	146,88	185,46	213,57	234,09	249,08	260,05	268,10	274,04	278,45

**Tabela de Trações de Montagem – Cabo mensageiro (daN)**

Temp. °C	Valores de Vãos (m)									
	44,0	48,0	52,0	56,0	60,0	64,0	68,0	72,0	76,0	80,0
0	328,62	323,65	319,64	316,38	313,69	311,45	309,56	307,96	306,59	305,41
5	322,75	318,87	315,69	313,06	310,87	309,02	307,45	306,11	304,95	303,95
10	317,21	314,32	311,90	309,86	308,13	306,65	305,38	304,29	303,34	302,52
15	311,97	309,98	308,26	306,76	305,47	304,34	303,37	302,51	301,76	301,10
20	307,01	305,84	304,75	303,77	302,88	302,09	301,39	300,77	300,21	299,71
25	302,29	301,87	301,38	300,87	300,37	299,90	299,46	299,05	298,68	298,34
30	297,80	298,06	298,12	298,06	297,93	297,76	297,57	297,38	297,18	296,99
35	293,52	294,41	294,98	295,34	295,55	295,67	295,72	295,73	295,71	295,66
40	289,43	290,89	291,94	292,70	293,24	293,63	293,91	294,11	294,25	294,36
45	285,51	287,51	289,01	290,13	290,98	291,63	292,13	292,52	292,83	293,06
50	281,76	284,26	286,17	287,64	288,78	289,68	290,39	290,96	291,42	291,79

**Tabela de Trações de Montagem – Cabo mensageiro (daN)**

Temp. °C	Valores de Vãos (m)				
	84,0	88,0	92,0	96,0	100,0
0	304,39	303,49	302,71	302,02	301,41
5	303,08	302,31	301,64	301,05	300,52
10	301,79	301,15	300,59	300,08	299,64
15	300,52	300,00	299,54	299,13	298,77
20	299,27	298,87	298,51	298,19	297,90
25	298,03	297,75	297,49	297,26	297,05
30	296,81	296,64	296,49	296,34	296,20
35	295,61	295,55	295,49	295,42	295,36
40	294,43	294,47	294,50	294,52	294,53
45	293,26	293,41	293,53	293,63	293,70
50	292,10	292,35	292,56	292,74	292,89

**Tabela de Trações de Montagem – Rede Completa (daN)**

Temp. °C	Valores de Vãos (m)									
	4,0	8,0	12,0	16,0	20,0	24,0	28,0	32,0	36,0	40,0
0	588,00	588,00	588,00	588,00	588,00	588,00	588,00	588,00	588,00	588,00
5	530,46	539,86	549,83	558,21	564,67	569,52	573,14	575,87	577,96	579,58
10	474,35	494,66	514,63	530,77	543,05	552,23	559,12	564,34	568,34	571,46
15	420,30	452,83	482,43	505,58	523,01	536,05	545,87	553,35	559,12	563,64
20	369,15	414,73	453,17	482,49	504,44	520,90	533,35	542,88	550,28	556,09
25	321,97	380,52	426,72	461,34	487,22	506,68	521,49	532,89	541,78	548,80
30	279,89	350,21	402,89	441,99	471,23	493,35	510,26	523,35	533,62	541,76
35	243,76	323,62	381,47	424,26	456,38	480,81	499,61	514,24	525,77	534,96
40	213,81	300,44	362,23	408,01	442,57	469,02	489,49	505,52	518,21	528,37
45	189,57	280,28	344,92	393,09	429,70	457,91	479,88	497,18	510,94	522,01
50	170,14	262,76	329,34	379,37	417,69	447,42	470,73	489,18	503,93	515,84

**Tabela de Trações de Montagem – Rede Completa (daN)**

Temp. °C	Valores de Vãos (m)									
	44,0	48,0	52,0	56,0	60,0	64,0	68,0	72,0	76,0	80,0
0	588,00	588,00	588,00	588,00	588,00	588,00	588,00	588,00	588,00	588,00
5	580,85	581,86	582,68	583,35	583,91	584,37	584,76	585,09	585,37	585,62
10	573,93	575,90	577,50	578,81	579,89	580,80	581,57	582,22	582,78	583,27
15	567,22	570,10	572,44	574,36	575,96	577,30	578,43	579,39	580,22	580,94
20	560,72	564,45	567,50	570,01	572,09	573,85	575,34	576,60	577,70	578,64
25	554,41	558,96	562,67	565,74	568,30	570,46	572,29	573,85	575,20	576,37
30	548,30	553,60	557,96	561,57	564,58	567,13	569,29	571,14	572,73	574,12
35	542,36	548,39	553,35	557,48	560,93	563,85	566,33	568,46	570,30	571,90
40	536,59	543,31	548,85	553,47	557,34	560,62	563,42	565,82	567,89	569,70
45	530,99	538,36	544,45	549,54	553,82	557,45	560,55	563,21	565,52	567,52
50	525,55	533,53	540,15	545,69	550,36	554,33	557,72	560,64	563,17	565,37

**Tabela de Trações de Montagem – Rede Completa (daN)**

Temp. °C	Valores de Vãos (m)				
	84,0	88,0	92,0	96,0	100,0
0	588,00	588,00	588,00	588,00	588,00
5	585,83	586,02	586,18	586,32	586,45
10	583,69	584,05	584,38	584,66	584,92
15	581,56	582,11	582,59	583,01	583,39
20	579,46	580,18	580,82	581,38	581,88
25	577,38	578,28	579,06	579,76	580,38
30	575,33	576,39	577,32	578,15	578,88
35	573,29	574,51	575,60	576,55	577,41
40	571,28	572,66	573,88	574,97	575,94
45	569,28	570,82	572,19	573,40	574,48
50	567,31	569,00	570,51	571,84	573,03



**Tabela de Flechas - Rede Completa (m)**

Temp. °C	Valores de Vãos (m)									
	4,0	8,0	12,0	16,0	20,0	24,0	28,0	32,0	36,0	40,0
0	0,01	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,49	0,65	0,82	1,01
5	0,01	0,04	0,10	0,17	0,26	0,38	0,51	0,66	0,83	1,02
10	0,01	0,05	0,10	0,18	0,27	0,39	0,52	0,67	0,85	1,04
15	0,01	0,05	0,11	0,19	0,28	0,40	0,53	0,69	0,86	1,05
20	0,02	0,06	0,12	0,20	0,29	0,41	0,55	0,70	0,87	1,07
25	0,02	0,06	0,13	0,21	0,30	0,42	0,56	0,71	0,89	1,08
30	0,02	0,07	0,13	0,21	0,31	0,43	0,57	0,73	0,90	1,09
35	0,02	0,07	0,14	0,22	0,32	0,44	0,58	0,74	0,91	1,11
40	0,03	0,08	0,15	0,23	0,34	0,46	0,59	0,75	0,93	1,12
45	0,03	0,08	0,15	0,24	0,35	0,47	0,61	0,76	0,94	1,14
50	0,03	0,09	0,16	0,25	0,36	0,48	0,62	0,78	0,95	1,15

**Tabela de Flechas - Rede Completa (m)**

Temp. °C	Valores de Vãos (m)									
	44,0	48,0	52,0	56,0	60,0	64,0	68,0	72,0	76,0	80,0
0	1,22	1,45	1,70	1,98	2,27	2,58	2,92	3,27	3,64	4,04
5	1,24	1,47	1,72	1,99	2,29	2,60	2,93	3,28	3,66	4,05
10	1,25	1,48	1,74	2,01	2,30	2,61	2,95	3,30	3,67	4,07
15	1,27	1,50	1,75	2,02	2,32	2,63	2,96	3,32	3,69	4,08
20	1,28	1,51	1,77	2,04	2,33	2,65	2,98	3,33	3,71	4,10
25	1,29	1,53	1,78	2,06	2,35	2,66	3,00	3,35	3,72	4,12
30	1,31	1,54	1,80	2,07	2,36	2,68	3,01	3,37	3,74	4,13
35	1,32	1,56	1,81	2,09	2,38	2,69	3,03	3,38	3,76	4,15
40	1,34	1,57	1,83	2,10	2,39	2,71	3,04	3,40	3,77	4,17
45	1,35	1,59	1,84	2,12	2,41	2,72	3,06	3,41	3,79	4,18
50	1,37	1,60	1,86	2,13	2,43	2,74	3,07	3,43	3,80	4,20

**Tabela de Flechas - Rede Completa (m)**

Temp. °C	Valores de Vãos (m)				
	84,0	88,0	92,0	96,0	100,0
0	4,45	4,88	5,34	5,81	6,31
5	4,47	4,90	5,35	5,83	6,32
10	4,48	4,92	5,37	5,84	6,34
15	4,50	4,93	5,39	5,86	6,36
20	4,51	4,95	5,40	5,88	6,37
25	4,53	4,96	5,42	5,89	6,39
30	4,55	4,98	5,44	5,91	6,40
35	4,56	5,00	5,45	5,93	6,42
40	4,58	5,01	5,47	5,94	6,44
45	4,60	5,03	5,48	5,96	6,45
50	4,61	5,05	5,50	5,98	6,47

**Esforços laterais de vento em rede compacta 13,8 kV 3#240+9,5 (daN)**

Rede Leve	<b>Vão médio na estrutura (m)</b>									
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
	6	13	19	25	31	38	44	50	57	63
	<b>Vão médio na estrutura (m)</b>									
	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80
	69	75	82	88	94	101	107	113	119	126
	<b>Vão médio na estrutura (m)</b>									
84	88	92	96	100						
132	138	144	151	157						
Rede Média	<b>Vão médio na estrutura (m)</b>									
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
	10	20	29	39	49	59	69	79	88	98
	<b>Vão médio na estrutura (m)</b>									
	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80
	108	118	128	137	147	157	167	177	186	196
	<b>Vão médio na estrutura (m)</b>									
	84	88	92	96	100					
206	216	226	236	245						

---

**4. Participação**

Alexandre D R Fonseca	ED/ES	Blúnio Elias da Silva	ED/PS
Douglas Viana Moreira	ED/ES	Diego Rafael de Oliveira Sérvulo	ED/PS
Pablo Senna Oliveira	ED/ES	Iago Stanciolle Alves da Silva	ED/PS
Januário A Correia Pontelo	GP/PD	Mauri Borges	ED/PS
Dilson de A Ribeiro	GP/PD	Maurílio Maciel da Silva	ED/PS
Marlon Alves Moreira	GP/PD	Paulo Sérgio Silva Mendes	ED/PS
Murilo Mendes da Silva	EM/NT	Victor Souza Purri da Silva	ED/PS

**5. Aprovação**

<hr/> c057026	<hr/> c055214	<hr/> c055547
ELABORADO	VISTO	APROVADO
Fábio Lelis dos Santos	Pablo Senna Oliveira	William Alves de Sousa