

**TÍTULO: CRITÉRIOS PARA ADOÇÃO DE TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS
PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETO UTILIZANDO
CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO SEM ALMA DE AÇO**

AUTOR: Francisco Lourenço da Silva

1. OBJETIVO

Estabelecer parâmetros técnicos para subsidiar a padronização dos critérios para adoção de tensões mecânicas de projeto quando da utilização de cabos singelos de alumínio sem alma de aço em projetos de Redes de Distribuição Aérea.

2. PREMISSAS BÁSICAS

Na Norma PND 2.2 – Projeto de Redes de Distribuição Aérea Primária, existem critérios de dimensionamento mecânico das Redes de Distribuição Aérea baseado nos cabos antigamente utilizados na Eletropaulo e atualizando as condições adotadas na época para o cabo 556,5MCM verificamos tensões de projeto a 0°C superiores a 900 daN por condutor, tornando o custo da rede elevado devido a utilização de postes especiais de grande capacidade.

Como a tensão mecânica do condutor é inversamente proporcional a flecha da catenária do perfil da rede, adotou-se tensões admissíveis menores que resultam em flechas maiores com conseqüente redução de tensão mecânica do condutor.

Na PND 2.2 é considerada a tensão admissível no condutor igual a 1/7 da tensão de ruptura do mesmo e nesta Recomendação Técnica adota-se a tensão admissível igual a 1/10 da tensão de ruptura.

3. CRITÉRIOS ADOTADOS

Os critérios para dimensionamentos mecânicos dos cabos em Redes de Distribuição Aérea são oriundos das normas e critérios de projetos para Redes de Transmissão que são baseados na Norma ABNT NBR-5422 – Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica.

Como o processo de dimensionamento mecânico de flechas e tensão em cabos está associado a valores de temperatura, peso do cabo e pressão do vento sob o cabo, a NBR-5422 estabelece a verificação de três condições básicas para definição da tensão de projeto, considerando-se o pior caso.

1ª Condição: A carga que atua na rede com maior período de duração supondo a temperatura média da região e sem incidências de ventos (a tensão admissível deve ser inferior a 21% da tensão de ruptura).

2ª Condição: A flecha mínima que atua na rede devido a temperatura mínima da região sem a incidência de ventos (a tensão admissível deve ser inferior a 33% da tensão de ruptura).

3ª Condição: A carga crítica com atuação de ventos na temperatura média mínima da região (a tensão admissível deve ser inferior a 50% da tensão de ruptura).

4. VALORES DE TENSÃO MECÂNICA DE PROJETO

Considerando-se as premissas básicas e critérios adotados determinam-se duas situações que estão representadas nos gráficos a seguir:

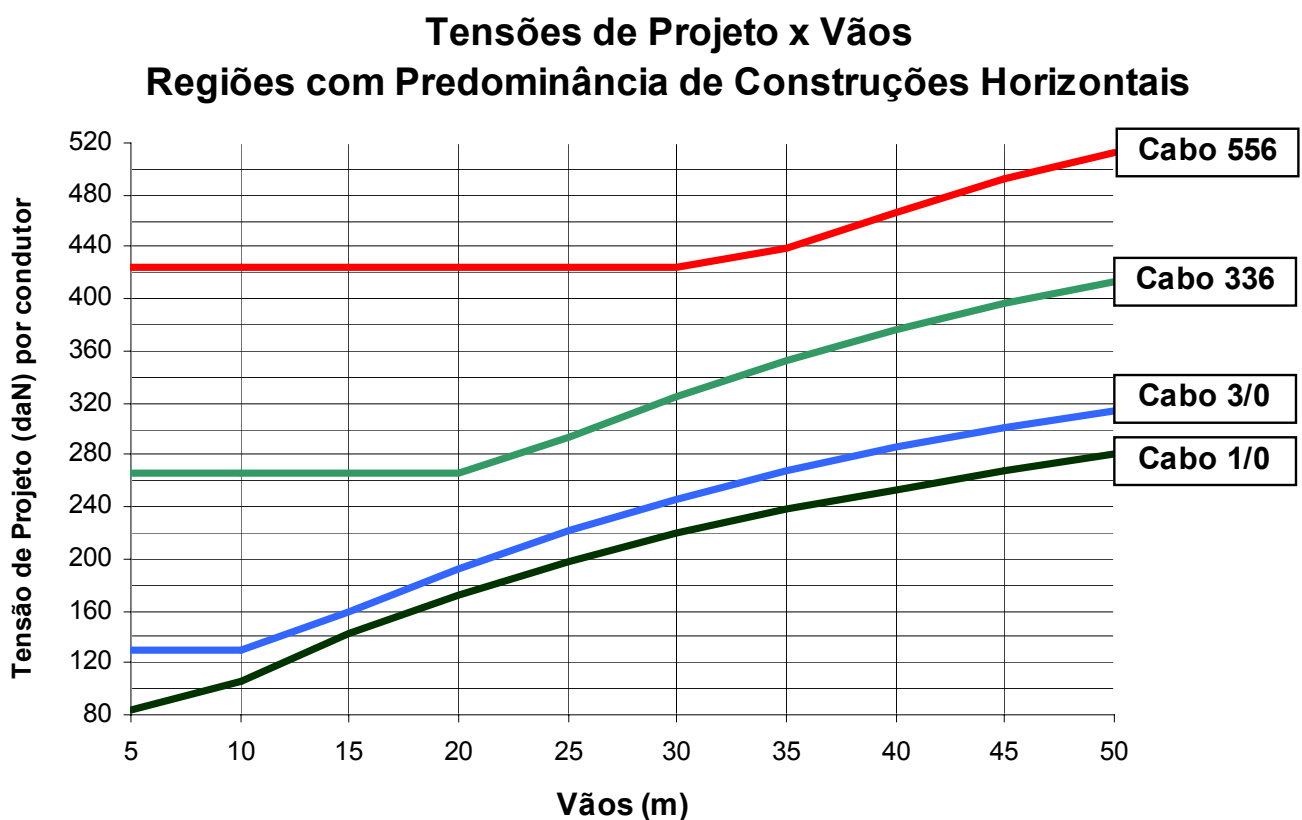
REF:	DATA: junho/03	GERÊNCIA: PLANEJAMENTO E ENGENHARIA	ARQ: RT-2.001.DOC
------	----------------	-------------------------------------	-------------------

**TÍTULO: CRITÉRIOS PARA ADOÇÃO DE TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS
PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETO UTILIZANDO
CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO SEM ALMA DE AÇO**

AUTOR: Francisco Lourenço da Silva

4.1. ÁREAS DE BAIXA URBANIZAÇÃO E/OU EDIFICAÇÕES HORIZONTAIS

As áreas onde existam grandes espaços abertos caracterizados como áreas rurais, periferias urbanas com edificações baixas (horizontais) e/ou estradas onde possam ocorrer maior incidência de ventos adota-se o limite da NBR-5422 de ventos com velocidade máxima de 100 km/h.



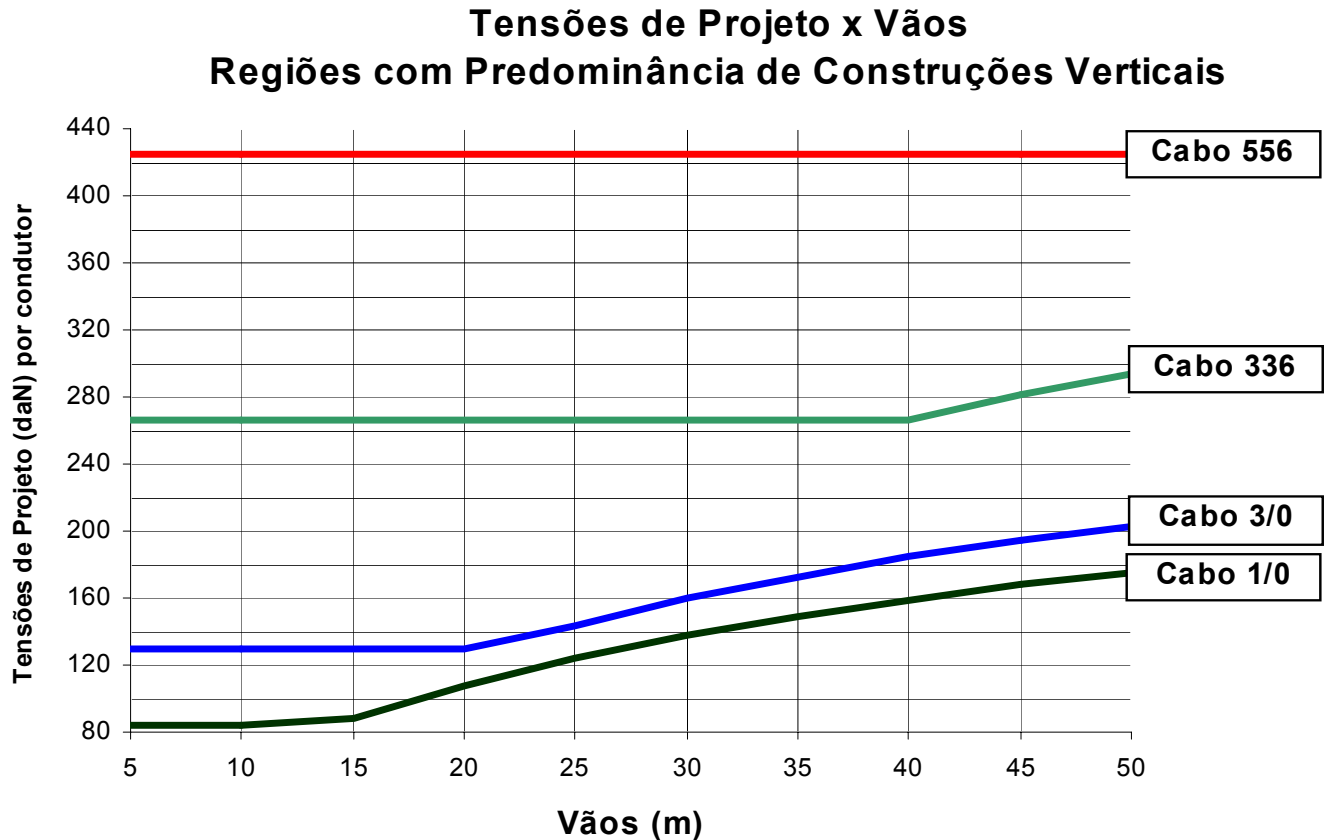
4.2. ÁREAS DE ALTA URBANIZAÇÃO COM EDIFICAÇÕES VERTICAIS

Nas áreas onde exista uma grande ocupação do espaço urbano com edificações altas (verticais) que possam minimizar a incidência direta de ventos sobre a rede adota-se valor de vento com velocidade máxima de 60 km/h resultando no gráfico a seguir.

REF:	DATA: junho/03	GERÊNCIA: PLANEJAMENTO E ENGENHARIA	ARQ: RT-2.001.DOC
------	----------------	-------------------------------------	-------------------

**TÍTULO: CRITÉRIOS PARA ADOÇÃO DE TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS
PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETO UTILIZANDO
CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO SEM ALMA DE AÇO**

AUTOR: Francisco Lourenço da Silva



5. FLECHAS MÁXIMAS

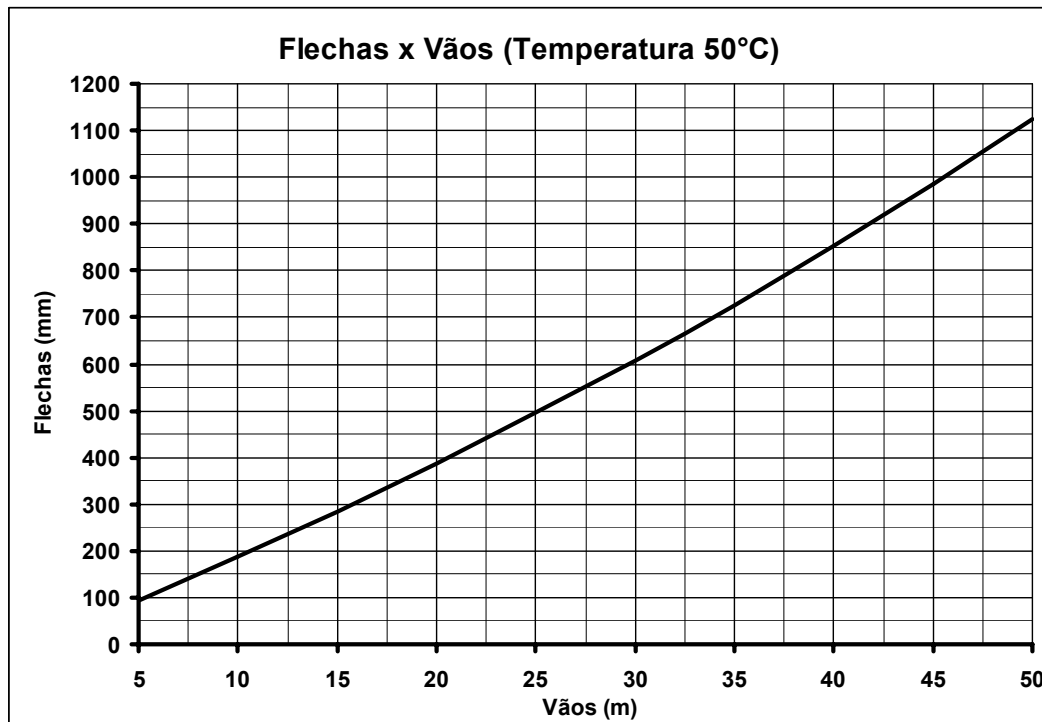
As características mecânicas dos cabos singelos de alumínio sem alma de aço são estabelecidas na Norma ABNT NBR-7271 – Cabos de Alumínio para Linhas Aéreas, onde se verifica que o Módulo de Elasticidade varia em função da quantidade de tentos que compõem o cabo, e dessa forma, apesar das diversas bitolas de cabos serem constituídas do mesmo material, as deformações terão uma pequena variação que em grandeza não é representativa de modo a permitir que se estabeleça o valor médio de flecha que atende as diversas bitolas de cabos.

As maiores flechas ocorrem com as maiores temperaturas, assim deve ser verificado no projeto, se as flechas máximas atendem às distâncias de altura, principalmente, no caso de travessias de vias e demais redes que ocupam o poste. O gráfico a seguir apresenta o valor de flecha para projeto considerando a temperatura de 50°C para qualquer bitola de cabo.

REF:	DATA: junho/03	GERÊNCIA: PLANEJAMENTO E ENGENHARIA	ARQ: RT-2.001.DOC
------	----------------	-------------------------------------	-------------------

**TÍTULO: CRITÉRIOS PARA ADOÇÃO DE TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS
PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETO UTILIZANDO
CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO SEM ALMA DE AÇO**

AUTOR: Francisco Lourenço da Silva



6. CONCLUSÃO

Como as Redes de Distribuição Aérea apresentam, normalmente, vãos contínuos e o lançamento dos cabos é feito em vários vãos simultaneamente, devemos considerar o vão equivalente de projeto. Normalmente o vão das redes em áreas urbanas está condicionado ao projeto de iluminação pública onde os postes com luminárias são espaçados em aproximadamente 35 m, porém em função do projeto podem ocorrer variações nos vãos e para esses casos deve-se utilizar o conceito de vão equivalente também conhecido como vão regulador.

Sendo L1, L2, L3, ..., Ln os vãos correspondentes ao lançamento de um trecho de rede, o vão equivalente (Leq) é determinado pela expressão:

$$Leq = \sqrt{\frac{L1^3 + L2^3 + L3^3 + \dots + Ln^3}{L1 + L2 + L3 + \dots + Ln}} \quad (\text{O Leq deverá ser usado como vão de referência para utilização dos gráficos acima})$$

Observação: Para que se possa utilizar as tensões mecânicas de projeto apresentadas e flechas máximas é necessário que em campo os cabos sejam instalados conforme as tabelas anexas que consideram os critérios desta Recomendação Técnica:

- ✓ Tração e flechas para Instalação de Cabo: Alumínio 1/0 AWG – Nú;
- ✓ Tração e flechas para Instalação de Cabo: Alumínio 3/0 AWG – Nú;
- ✓ Tração e flechas para Instalação de Cabo: Alumínio 336,4 MCM – Nú; e
- ✓ Tração e flechas para Instalação de Cabo: Alumínio 556,5 MCM – Nu.

REF:	DATA: junho/03	GERÊNCIA: PLANEJAMENTO E ENGENHARIA	ARQ: RT-2.001.DOC
------	----------------	-------------------------------------	-------------------

**TÍTULO: CRITÉRIOS PARA ADOÇÃO DE TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS
PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETO UTILIZANDO
CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO SEM ALMA DE AÇO**

AUTOR: Francisco Lourenço da Silva

Tração e flecha para Instalação do Cabo : Alumínio 1/0 AWG - Nú

Temp. °C	A (m) = 5		A (m) = 10		A (m) = 15		A (m) = 20		A (m) = 25		A (m) = 30		A (m) = 35		A (m) = 40		A (m) = 45		A (m) = 50	
	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)
0	5	84	22	84	49	84	87	84	136	84	195	84	266	84	347	84	439	84	542	84
5	11	42	34	54	71	58	119	62	176	65	244	68	321	70	408	72	504	74	612	75
10	20	23	55	33	101	41	156	47	220	52	293	56	375	60	467	63	568	65	678	68
15	34	13	79	23	132	31	194	38	263	44	341	48	428	52	524	56	628	59	742	62
20	46	10	100	18	160	26	228	32	303	38	386	43	478	47	577	51	686	54	803	57
25	56	8	118	16	186	22	260	28	340	34	429	38	524	43	628	47	740	50	861	53
30	65	7	134	14	209	20	289	25	375	31	468	35	568	39	676	43	792	47	917	50
35	73	6	149	12	230	18	316	23	407	28	505	33	610	37	722	41	842	44	970	47
40	80	6	163	11	249	17	341	21	437	26	540	31	649	35	766	38	889	42	1020	45
45	86	5	175	10	267	15	364	20	466	25	573	29	687	33	807	36	934	40	1069	43
50	92	5	187	10	285	14	386	19	493	23	605	27	723	31	847	35	978	38	1116	41

Tração e flecha para Instalação do Cabo : Alumínio 3/0 AWG - Nú

Temp. °C	A (m) = 5		A (m) = 10		A (m) = 15		A (m) = 20		A (m) = 25		A (m) = 30		A (m) = 35		A (m) = 40		A (m) = 45		A (m) = 50	
	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)
0	6	129	23	129	51	129	90	129	141	129	203	129	276	129	360	129	456	129	563	129
5	10	73	36	81	74	88	123	95	182	100	251	104	331	108	421	110	521	113	631	115
10	18	40	58	50	105	62	161	72	226	80	301	87	385	92	479	97	583	101	697	104
15	34	21	81	36	135	48	198	59	269	68	349	75	438	81	536	87	643	92	761	95
20	47	15	102	28	163	40	232	50	309	59	393	67	487	73	589	79	700	84	821	88
25	57	13	120	24	188	35	263	44	345	53	435	60	533	67	639	73	754	78	878	83
30	66	11	136	21	211	31	292	40	380	48	474	55	576	62	687	68	805	73	932	78
35	73	10	150	19	232	28	319	36	412	44	511	51	618	58	732	64	854	69	985	74
40	80	9	164	18	251	26	344	34	442	41	546	48	657	54	775	60	901	65	1035	70
45	87	8	176	17	269	24	367	32	470	39	579	45	694	51	816	57	946	62	1083	67
50	93	8	188	15	286	23	389	30	497	37	610	43	729	49	855	54	989	60	1129	64

**TÍTULO: CRITÉRIOS PARA ADOÇÃO DE TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS
PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETO UTILIZANDO
CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO SEM ALMA DE AÇO**

AUTOR: Francisco Lourenço da Silva

Tração e flecha para Instalação do Cabo : Alumínio 336,4 MCM - Nú

Temp. °C	A (m) = 5		A (m) = 10		A (m) = 15		A (m) = 20		A (m) = 25		A (m) = 30		A (m) = 35		A (m) = 40		A (m) = 45		A (m) = 50	
	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)
0	6	266	22	266	50	266	88	266	138	266	199	266	270	266	353	266	447	266	552	266
5	11	133	34	172	72	183	120	195	178	206	246	215	324	222	413	227	511	232	620	236
10	20	73	55	107	101	131	156	150	221	166	295	179	378	190	471	199	573	207	686	214
15	33	44	78	75	131	101	193	122	263	139	342	154	430	167	527	178	633	188	749	196
20	45	33	99	59	159	83	227	103	303	121	387	136	479	150	580	162	690	172	809	181
25	55	27	117	50	185	71	259	91	340	108	429	123	526	137	631	149	744	160	866	169
30	64	23	134	44	208	63	288	81	375	98	468	113	569	126	678	138	796	149	921	159
35	72	20	148	40	229	58	315	74	407	90	505	105	611	118	724	130	845	141	974	151
40	79	19	162	36	248	53	340	69	437	84	540	98	650	111	767	122	892	133	1024	143
45	86	17	174	34	267	49	363	65	465	79	573	92	687	105	808	116	937	127	1073	137
50	92	16	186	32	284	46	386	61	492	74	605	87	723	99	848	111	980	121	1119	131

Tração e flecha para Instalação do Cabo : Alumínio 556,5 MCM - Nú

Temp. °C	A (m) = 5		A (m) = 10		A (m) = 15		A (m) = 20		A (m) = 25		A (m) = 30		A (m) = 35		A (m) = 40		A (m) = 45		A (m) = 50	
	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)
0	6	425	23	425	51	425	91	425	142	425	205	425	279	425	364	425	461	425	569	425
5	11	220	35	276	74	294	123	314	183	330	253	344	333	356	424	365	525	373	637	379
10	21	115	57	170	104	209	160	242	226	267	302	288	387	306	482	321	587	333	702	344
15	34	71	80	121	134	162	197	196	268	225	349	249	438	270	537	288	646	303	764	316
20	46	53	100	97	162	134	231	167	308	196	393	221	487	243	590	262	702	279	824	293
25	56	43	119	81	187	116	262	148	344	176	434	200	533	222	640	242	755	259	880	275
30	65	37	135	72	210	104	291	133	378	160	473	184	576	206	687	225	806	243	935	258
35	73	33	149	65	231	94	317	122	410	147	510	171	617	192	732	211	855	229	987	245
40	80	30	163	59	250	87	342	113	440	137	545	160	656	181	775	200	902	217	1037	233
45	86	28	175	55	268	81	366	106	469	129	578	151	693	171	816	190	946	207	1085	223
50	92	26	187	52	285	76	388	100	495	122	609	143	729	162	855	181	989	198	1131	214