

O TINGUAÍTO DE JABOTICABAL, SP

J. V. Valarelli*

J. M. V. Coutinho*

J. B. M. Madureira Filho*

C. B. Gomes*

RESUMO

No município de Jaboticabal, SP, ocorre um corpo de tinguaito, de forma ligeiramente elíptica, medindo 300 x 100 m, intrusivo em basalto da região.

Foi descoberto durante campanha de levantamento de solos, quando investigava-se a origem de mancha de Litossolo desenvolvida no meio de Litossolo Roxo, sob condições geomorfológicas semelhantes.

Macroscopicamente o Tinguaito de Jaboticabal é compacto, fanerítico e apresenta coloração variando entre cinza escuro a cinza esverdeado. Microscopicamente observa-se granulometria de fina a média, com texturas equigranular e porfírica-poiquilitica.

Seus principais minerais constituintes são: nefelina, sanidina, augita sódica e analcita. Os minerais acessórios mais comuns são: titano-augita, magnetita, titanita e enigmatita. São também encontrados: zircão, anfibólio sódico, apatita, perowskita, andradita e natrolita.

Trabalhos anteriores tentaram correlacionar lavas analcimitica, intercaladas na parte inferior do Arenito Bauru (regiões de Taiúva, Piranjá a Aparecida do Monte Alto), com o corpo de Jaboticabal. O presente trabalho traz dados adicionais corroborando com esta correlação.

ABSTRACT

The tinguaito from Jaboticabal, SP, is a nearly elliptical body (300 x 100 m) intrusive into the Paraná basalts (São Bento Series). It was discovered during a soil surveying at the area, in which - under similar geomorphological conditions - a lithosol spot (overlying the tinguaito), surrounded by a latosol (derived from the basalts), was developed.

Macroscopically the tinguaito is a hard, phaneritic rock dark gray to green in color. Microscopically it is fine to medium grained, with textures ranging from equigranular to porphyritic poikilitic.

Nepheline, K-feldspar (sanidine), pyroxene (Na-augite) and analcite are the main minerals. Titanite, magnetite, sphene and enigmatite make up the most common accessories. Zircon, Na-amphibole, apatite, perowskite, andradite and natrolite have also been found.

Previous work done in the area suggests a correlation between the tinguaitic intrusion from Jaboticabal and the recently discovered analcimitic lavas interbedded within the Bauru Sandstone at Taiúva, Piranjá and Aparecida do Monte Alto. The Authors present new mineralogical, petrographic and chemical data supporting that correlation.

INTRODUÇÃO

Geologicamente, o Município de Jaboticabal está situado em terrenos mesozóicos consistindo de basaltos toleíticos intercalados em Arenito Botucatu e capeados por Arenito Bauru. A morfologia da região é de colinas com declives suaves, variando de 5 a 7%, com topos aproximadamente tabulares. Os desníveis não

atingem a 80 m e a altitude média é de 575 m. O clima, segundo a classificação de Koppen, é o tipo Cwb. O solo predominante da região é o Latossolo Roxo, entremeadado por "Solos Podzolizados Lins e Marília". Recobrimdo as colinas ocorre o Latossolo Vermelho Amarelo, fase arenosa, com passagem gradual para Latossolo Roxo na meia encosta (PINOTTI *et al.*, 1970).

* Depto. Mineral. Petrol. - IG-USP

A área estudada em detalhe abrange quatro hectares, sendo na sua maior parte intensamente cultivada, uma vez que inclui terras da Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia e do Horto Florestal de Jaboticabal.

Num mapeamento de solos, ao nível de Série, da área observou-se a existência de uma mancha de solo pouco desenvolvido, dentro da região mapeada como Latossolo Roxo (Fig. 1). Dada à semelhança nas condições pedogenéticas, a sua ocorrência foi interpretada como uma consequência da diferença de material de origem. Realmente, o estudo das características morfológicas, físicas e mineralógicas do perfil desse solo mostrou diferenças marcantes, quando comparadas com aquelas do Latossolo Roxo, culminando com a localização de uma rocha alcalina (tinguaito), conforme mencionado em PINOTTI *et al.* (1970). GOMES & VALARELLI (1970) forneceram uma descrição petrográfica preliminar dessa nova ocorrência, assim como a sua idade K/Ar de 54 ± 3 m.a.

Novos estudos foram facilitados pela construção de um trevo de acesso à Faculdade de Agronomia na Rodovia Jaboticabal - Ribeirão Preto. Ao mesmo tempo, tornaram-se disponíveis dados do levantamento geofísico efetuado com o objetivo de pesquisa de água subterrânea na área, que confirmam os estudos anteriores.

Mais recentemente, COIMBRA *et al.* (1981) e COUTINHO *et al.* (1982) relataram a ocorrência de lavas alcalinas analcímicas intercaladas em Arenito Bauru próximo à cidade de Jaboticabal, sugerindo a correlação com a(s) intrusiva(s) da área.

Dessa forma, a ocorrência de Jaboticabal ganha nova importância, a justificar o relato mais pomenorizado, objeto deste trabalho.

LEVANTAMENTO DE SOLOS

A Figura 2 resume os dados dos estudos do perfil de solo realizados em Jaboticabal pelo então bolsista R. F. Pinotti (FAPESP, Agronomia 69/896).

A área anômala de solo pouco desenvolvido acha-se delimitada ao sul do Córrego Jaboticabal, onde, em encosta de declive constante, existe uma mancha de solo pobre (litosolo), cercada por Latossolo Roxo muito fértil (Figs. 1 e 2).

GEOLOGIA

As duas primeiras figuras e os perfis geofísicos (Fig. 3) sugerem a ocorrência do tinguaito como um corpo discordante de conta-

tos verticais, de forma provavelmente elíptica, e medindo cerca de 300 e 100 m ao longo de seus eixos principais. Esse corpo pode constituir-se numa "chaminé" intrusiva no basalto ou, alternativamente, em uma ramificação de um "stock" ou intrusão maior.

A anomalia geofísica assinalada no perfil geo-elétrico AA indica que pelo menos mais um corpo acha-se encoberto sob o aterro do aeroporto Jaboticabal.

PETROGRAFIA

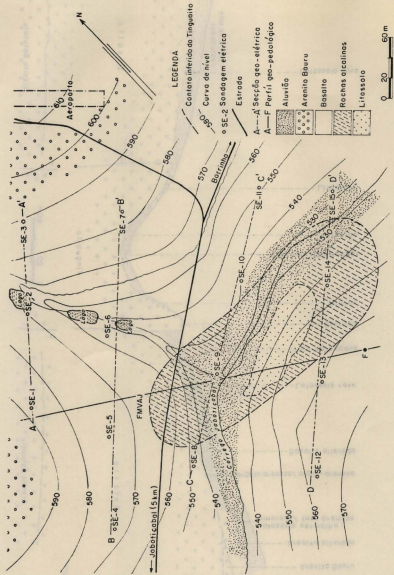
As rochas alcalinas de Jaboticabal são de coloração cinza esverdeado, às vezes cinza escuro, faneríticas e maciças. Exibem granulação variável de fina a média e texturas diversas (equigranular, hipidiomórfica e porfírica), sendo os minerais essenciais em ordem de abundância: nefelina, feldspato alcalino, piroxênio e analcita.

A nefelina é encontrada na forma de cristais idiomórficos, às vezes alterados nas bordas e segundo planos de clivagem. Ela forma a trama principal da rocha, juntamente com a analcita, piroxênios e sanidina (Fotomicro. 1). A analcita ocorre na forma de cristais límpidos equigranulares de contornos arredondados, enquanto a sanidina se apresenta como cristais poiquilíticos tabulares, incluindo egrina-augita, magnetita e analcita alterada (Fotomicro. 2).

Os piroxênios (variedades de egrina-augita), na forma de pequenos prismas ou mesmo de cristais aciculares, ocorrem erradicadamente, concentrados em certas zonas, moldurando parcialmente contornos de analcita e como inclusões poiquilíticas em nefelina. Apresentam cor verde característica com pleocroísmo de verde-pardacento a verde escuro. Alguns raros fenocristais de piroxênio apresentam zoneamento com núcleo de titano-augita e bordas mais egrínicas escuras (Fotomicro. 2).

Os minerais acessórios incluem, além da titano-augita; esfeno, na forma de cristais idiomórficos ou como constituinte de agregados; enigmatita, como manchas de coloração vermelha escura; magnetita, perowskita, em cristais octaédricos; anfíbólio de cor parda (barkevikita?), idiomórfico ou como alteração de piroxênio; e apatita em pequenos prismas. Mais raramente são encontrados zircão, granada, natrolita (produto de alteração de analcita e nefelina) e outros minerais incolores ou amarelos zirconíferos e/ou titaníferos.

Essas descrições concordam com as fornecidas por COIMBRA *et al.* (1981) e por COUTINHO *et al.* (1982), enquanto que GOMES &



LEGENDA

- Contorno inferior do Tingueito
- Curva de nível
- SE-2 Sondagem elétrica
- Estrada
- A---A' Seção geo-elétrica
- A---F Perfil geo-pedológico



Fig. 1 - Perfil geológico

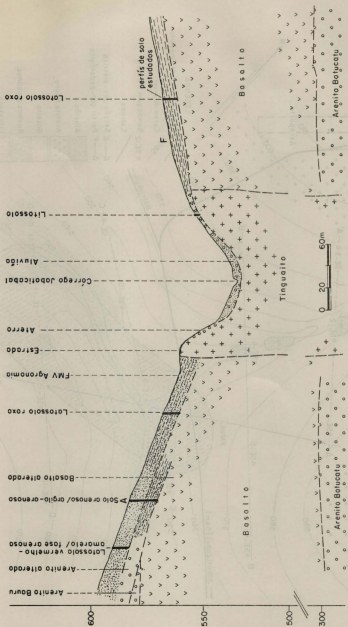
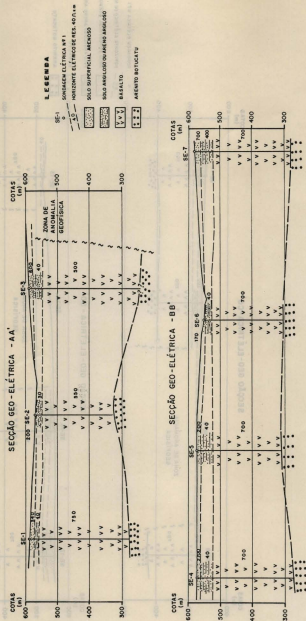


Fig. 2 — Perfil geo-pedológico esquemático A-F (Localização na Fig. 1)



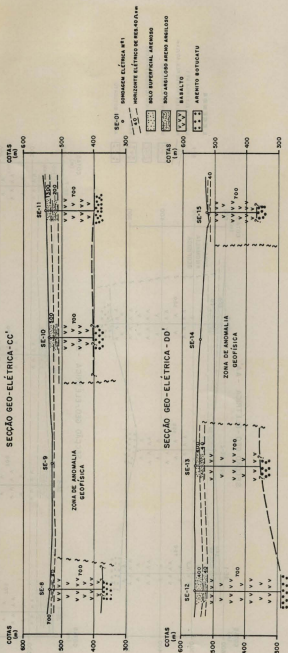
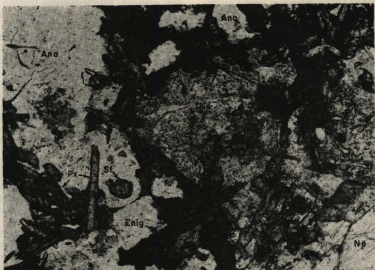
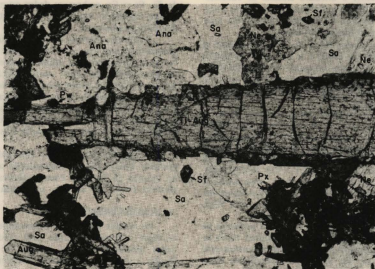


Fig. 3(b) - Interpretação geológica das perfis elétricas efetuadas pela Geoprospectora, Geologia e Prospeção, Ltda, para a F.M.V. Agronomia de Jaboticabal, em 1973. Para localização dos perfis, ver Fig. 1.



FOTOMICROGRAFIA 1 — Nefelina (Ne) ao centro e à direita, cercada de enigmatita (Enig) e incluindo opacos e piroxênios. Analcita (Ana) na parte esquerda da foto incluindo esfeno (sf), piroxênio e mancha de natrolita (Nat). x 40.



FOTOMICROGRAFIA 2 — Associação entre sanidina (Sa), analcita (Ana), nefelina (Ne) e Na-augita (Aug). Fencristal de titano-augita com bordas de egirina numa faixa central da foto. Notar também a presença de perowskita (Pw) e titanita (sf) na mesma lâmina. Piroxênios (Px e Aug) distribuem-se nos cantos da foto. x 40.

VALARELLI (1970) referem-se ainda à presença de feldspato alcalino xenomórfico (ortoclásio) e cancrinita como importantes minerais de alteração.

Na Tabela 1 podem ser vistas três análises químicas de amostras de Jaboticabal ao lado da análise calculada com base nos dados modais de COUTINHO *et al.* (1982). A Tabela 2 apresenta as normas CIPW e catiônica de Barth.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intrusão alcalina de Jaboticabal, embora de pequena dimensão, apresenta aspectos variáveis de granulação, textura, composição química e mineralógica, previsíveis de serem encontradas em um "neck" vulcânico, onde, além de seqüências de cristalização, é possível esperar-se fenômenos de alteração hipógena hidrotermal.

Segundo COUTINHO *et al.* (1982), as relações de contato entre minerais e a textura tinguaitica e poiquilítica permitem sugerir uma ordem de cristalização em ambiente hipobásico, na seguinte seqüência: perowskita, magnetita, apatita e esfero; titano-augita e egrina-augita; nefelina e anfibólio sódico; analcita, enigmatita, egrina, zircão e acessórios zircônio; sanidina; e natrolita (secundária). Os mesmos autores sugerem também consanguinidade entre a intrusiva alcalina de Jaboticabal e os derrames de lavas analcímicas intercaladas na base da Formação Bauru, em localidades próximas àquela cidade.

As idades K/Ar de 54 m.a. (GOMES & VALARELLI, 1970) e de 61 m.a. (COUTINHO *et al.*, 1982) para o tinguaito de Jaboticabal são atribuídas a possível hidrotermalismo terciário ou mesmo a alteração deutérica mascarando os valores reais.

Analisando os dados químicos (Tabs. 1 e 2), verifica-se que as amostras de Jaboticabal apresentam caráter fortemente insaturado com altos teores de nefelina normativa além de forsterita. Se comparados esses valores com os dados de literatura (DALY, 1933; NOCKOLDS, 1954) para rochas tinguaiticas, destacam-se as concentrações de SiO₂ e Na₂O abaixo da média, assim como altos teores de H₂O⁺, CaO, MgO, FeO e TiO₂ das amostras examinadas.

Essas diferenças, aliadas ao problema de datação K/Ar, e a aspectos texturais talvez sejam explicados por uma série de cristalização normal de um sistema leucita-nefelina clinopiroxênio (GUPTA & LIDIAC, 1973) em condições de equilíbrio univariante da reação de formação de tiranita, a partir de perowskita e sílica de CARMICHAEL *et al.* (1974). Numa

fase posterior, hidrotermalismo terciário aventado por COUTINHO *et al.* (1982), a leucita foi substituída por analcita (PEARCE, 1970; GUPTA & FYFE, 1975), seguida de cristalização de feldspato potássico. Essas hipóteses explicariam os problemas de datação geocronológica, o problema da coexistência dos acessórios titaníferos e em particular da associação de perowskita com feldspato potássico. Explicariam também a associação principal de analcita + nefelina analciticizada das lavas de Taiúva (COUTINHO *et al.*, 1982) em comparação com a associação do corpo intrusivo (conduto?) de Jaboticabal.

Outros aspectos importantes da correlação entre o quimismo e a natureza dos piroxênios e dos minerais acessórios (perowskita) são convincentes para sugerir a consanguinidade entre o corpo tinguaitico e as lavas intercaladas no Arenito Bauru (COIMBRA *et al.*, 1981).

Apesar de ser um corpo de pequenas dimensões, as análises de três amostras apresentam diferenças significativas, concordando-se com COUTINHO *et al.* (1982) que fluidos retidos por mais tempo no corpo mais profundo de Jaboticabal levaram a variações mineralógicas e sobretudo à formação de sanidina, anfibólio sódico e enigmatita. Essas diferenças acham-se salientadas nas modalidades constantes da Tabela 2.

Os piroxênios pertencem à série egrina-egrina-augita, com maior ou menor conteúdo de Ti, Fe e Ca, embora os dados normativos tenham fornecido hiperstênio na amostra 2 e diopsídio na amostra 3.

Os autores dispõem de outros parâmetros geoquímicos que fogem ao escopo deste trabalho, mas que poderão ser utilizados em estudos complementares na área: caracterização do corpo intrusivo que ocorre sob o aterro do aeroporto de Jaboticabal; procura de outras possíveis ocorrências; estudos petrográficos e mineralógicos mais pormenorizados; e estudo de efeitos de contato entre o tinguaito e as encaixantes (basalto e arenito).

A intrusão tinguaitica de Jaboticabal é a primeira descoberta de manifestação alcalina no interior da Bacia do Paraná, relativamente afastada (100–150 km) da sua borda atual.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Geoprospectora, Geologia e Prospecção Ltda. pela cessão dos dados geofísicos; ao Prof. Vicente de Paula Pereira e ao Eng^o Agrônomo Rui Fernando Pinotti, pelo auxílio prestado na fase inicial de levantamento de solos; ao Prof. Dr. Hans Schorsch, pela obtenção dos dados normativos e outros parâmetros.

TABELA 1 - Dados químicos do tinguaito de Jaboticabal, SP

| | <i>Amostras</i> | | | |
|--------------------------------|-----------------|----------|----------|----------|
| | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> |
| SiO ₂ | 44,25 | 45,03 | 44,41 | 47,0 |
| TiO ₂ | 1,63 | 2,92 | 2,65 | 2,2 |
| Al ₂ O ₃ | 21,78 | 17,75 | 19,38 | 18,3 |
| Fe ₂ O ₃ | 6,25 | 6,21 | 5,85 | 5,6 |
| FeO | 2,57 | 3,38 | 3,82 | 4,3 |
| MnO | n.a. | 0,40 | n.a. | - |
| MgO | 2,40 | 2,18 | 1,20 | 1,8 |
| CaO | 6,08 | 5,73 | 6,57 | 5,9 |
| Na ₂ O | 3,25 | 6,81 | 3,92 | 9,3 |
| K ₂ O | 4,50 | 4,67 | 4,63 | 3,2 |
| P ₂ O ₅ | 0,13 | 0,07 | 0,49 | 0,1 |
| CO ₂ | n.a. | n.a. | 0,26 | - |
| H ₂ O ⁺ | 4,92 | 3,48 | 3,07 | 1,9 |
| H ₂ O ⁻ | 2,03 | 1,70 | 2,75 | tr |
| Total | 99,79 | 100,33 | 98,99 | 99,6 |

Analistas: amostra 1 e 2: Raphael Hypólito, IG-USP.

amostra 3: José Salvador W. Baroni, Puriquima.

amostra 4: cálculo a partir de análises modais de COUTINHO *et al.* (1982).

TABELA 2 - Dados normativos do tinguaito de Jaboticabal, SP

| | <i>Norma CIPW</i> | | | | <i>Norma catiônica de BARTH</i> | | | |
|--------------|-------------------|----------|----------|----------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> |
| Ortoclásio | 26,59 | 27,60 | 27,36 | 18,91 | 28,63 | 28,48 | 29,55 | 18,69 |
| Albita | 13,70 | 8,26 | 15,00 | 15,73 | 15,66 | 9,05 | 17,19 | 16,49 |
| Anortita | 29,31 | 4,07 | 12,61 | - | 31,58 | 4,20 | 23,35 | - |
| Nefelina | 7,48 | 26,74 | 9,84 | 32,82 | 9,47 | 32,44 | 12,50 | 38,13 |
| Wollastonita | - | 9,98 | - | 11,95 | - | 9,87 | - | 11,32 |
| Diopsídio | - | - | 4,78 | - | - | - | 2,31 | - |
| Hiperstênio | - | 5,43 | - | 4,72 | - | 6,21 | - | 5,11 |
| Forsterita | 4,19 | - | 0,54 | - | 2,68 | - | 0,35 | - |
| Magnetita | 3,56 | 3,74 | 4,63 | 7,07 | 1,38 | 1,39 | 1,80 | 5,04 |
| Hematita | 3,80 | 3,63 | 2,66 | - | 2,85 | 2,61 | 2,00 | - |
| Ilmenita | 3,10 | 5,55 | 5,03 | 4,18 | 2,45 | 4,20 | 3,99 | 3,03 |
| Apatita | 0,31 | 0,17 | 0,16 | 0,24 | 0,29 | 0,15 | 1,11 | 0,21 |
| Outros | 0,82 | - | 0,59 | 2,10 | - | - | 0,71 | 1,20 |
| Total | 92,86 | 95,17 | 84,20 | 97,72 | 94,99 | 98,60 | 94,86 | 99,22 |

Outros; coríndon, calcita ou acmita

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARMICHAEL, I.S.E.; TURNER, F.J.; VERHOOGEN, J. (1974) - *Igneous Petrology*. McGraw-Hill.
- COIMBRA, A.M.; COUTINHO, J.M.V.; BRANDT NETO, M.; ROCHA, G.A. (1981) - *Lavas fonolíticas associadas à Formação Bauru no Estado de São Paulo*. 39^o Simp. Reg. Geol., Curitiba, PR. Atas, 1: 324-328.
- COUTINHO, J.M.V.; COIMBRA, A.M.; BRANDT NETO, M.; ROCHA G.A. (1982) - *Lavas alcalinas analcímicas associadas ao Grupo Bauru (K-b) no Estado de São Paulo*. V Congr. Latin. Geologia, Buenos Aires (1982), tomo II, 185-196.
- DALY, R.A. (1933) - *Igneous Rocks and the Depths of the Earth*. McGraw-Hill, New York.
- GOMES, C.B. & VALARELLI, J.V. (1970) - *Nova ocorrência de rochas alcalinas no Estado de São Paulo*. XXIV Congr. Bras. Geol., Brasília, DF, Resumos, p. 336-337.
- GUPTA, A.K. & Fyfe, W.S. (1975) - *Leucite survival: The alternation to analcite*. Canadian Mineral., 13: 361-363.
- GUPTA, A.K. & LIDIÁK, E.G. (1973) - *The system diopsidenepheline-leucite*. Contr. Mineral. Petrol., 41: 231-239.
- NOOCKOLDS, S.R. (1954) - *Average chemical composition of some igneous rocks*. Geol. Soc. Am. Bull. 65: 1007-1032.
- PEARCE, T.H. (1970) - *The analcite-bearing volcanic rocks the Crownsnest formation, Alberta*. Can. J. Earth Sci., 7: 46-66.
- PINOTTI, R.F. (1969, 1970) - *Relatórios de Bolsa de Iniciação Científica*. FAPESP, Processo 69/896.
- PINOTTI, R.F.; CORSINI, P.C.; MADUREIRA FILHO, J.B.; VALARELLI, J.V. (1970) - *Levantamento de solos contribuindo para descoberta geológica*. XXIV Congr. Bras. Geol., Brasília, DF, Resumos, p. 59.

| | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | TOT |
|---|------------------|------------------|--------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|-------|
| 1 | 70,1 | 0,1 | 14,3 | 1,5 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 86,3 |
| 2 | 71,1 | 0,1 | 13,1 | 1,5 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 86,0 |
| 3 | 69,88 | 0,00 | 11,60 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 81,98 |

TABELA 1 - Dados químicos do tinguaite de Jaboticabal, SP.

| Linha | Número de cristais de leucite | | | | Número CNW | | | | Linha |
|-------|-------------------------------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 68,88 | 20,25 | 24,25 | 28,25 | 32,25 | 18,01 | 22,26 | 26,51 | 30,76 | 67,53 |
| 68,01 | 20,71 | 20,97 | 17,96 | 14,21 | 17,73 | 17,00 | 16,27 | 15,54 | 61,91 |
| 67,88 | 17,15 | 16,8 | 16,15 | 15,15 | 15,15 | 15,15 | 15,15 | 15,15 | 63,60 |
| 67,88 | 20,25 | 24,25 | 28,25 | 32,25 | 18,01 | 22,26 | 26,51 | 30,76 | 67,53 |
| 67,71 | - | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 62,4 |
| - | 12,1 | - | - | - | 12,1 | - | - | - | 48,2 |
| 67,4 | - | 10,8 | - | - | 10,8 | - | - | - | 41,6 |
| 66,4 | 10,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 62,4 |
| - | 10,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 62,4 |
| 65,3 | 10,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 62,4 |
| 65,0 | 10,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 62,4 |
| 65,0 | 11,1 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 63,0 |
| 65,1 | 11,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 63,0 |
| 65,29 | 10,14 | 18,00 | 18,00 | 18,00 | 18,00 | 18,00 | 18,00 | 18,00 | 62,14 |