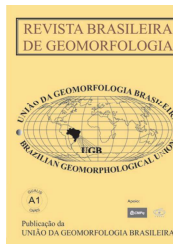


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 20, nº 2 (2019)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i2.1514>



MORFOGÊNESE DO INTERFLÚVIO TOCANTINS/SÃO FRANCISCO NA REGIÃO DO RIO PARANÃ

MORPHOGENESIS OF THE INTERFLUVE TOCANTINS/SÃO FRANCISCO IN THE PARANÃ RIVER REGION

Thaís Aparecida Silva

*Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais
Avenida Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, Minas Gerais. CEP 31270-901. Brasil
ORCID: orcid.org/0000-0002-8787-950X
E-mail: silvata91@gmail.com*

André Augusto Rodrigues Salgado

*Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais
Avenida Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, Minas Gerais. CEP 31270-901. Brasil
ORCID: orcid.org/0000-0001-7679-5944
E-mail: aarsalgadoufmg@gmail.com*

Fernanda Cristina Rodrigues de Souza

*Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais
Avenida Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, Minas Gerais. CEP 31270-901. Brasil
Departamento de Geografia, Universidade Federal do Mato Grosso
Avenida Vadon Varão, 6390, Barra dos Garças, Mato Grosso. CEP: 78600-000. Brasil
ORCID: orcid.org/0000-0002-9733-9670
E-mail: fernanda.geo.souza@gmail.com*

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
13/08/2018
Aceito (Accepted):
14/03/2019

Palavras-chave:

Chapada; Erosão diferencial;
Divisor Hidrográfico Tocantins/
São Francisco.

Keywords:

Tableland; Differential Erosion;
Interfluve Tocantins/São
Francisco.

Resumo:

Este trabalho analisou a morfogênese do divisor hidrográfico entre as bacias Tocantins/São Francisco e sua relação com a ocorrência de chapadas. Os métodos utilizados compreenderam revisão bibliográfica, sensoriamento remoto, geoprocessamento e trabalhos de campo. Os resultados mostram que a Bacia Hidrográfica do rio São Francisco perde área para a do Tocantins através da erosão e recuo das Chapadas do São Francisco em relação aos Patamares da Serra Geral de Goiás/São Francisco. Paralelamente, estes patamares, por sua vez, também perdem área para as depressões. Portanto, há duas frentes de erosão comandadas pela incisão fluvial e o divisor hidrográfico das bacias do Tocantins (Paraná) e São Francisco recua para leste graças ao fato que os afluentes do rio Paranã apresentam um maior poder erosivo do que os do rio São Francisco. Sendo assim, geoformas residuais areníticas sobre a unidade dos Patamares da Serra Geral de Goiás marcam antigas linhas de frente deste divisor. Na bacia hidrográfica do São Francisco, a incisão fluvial aumenta de norte a sul devido ao gradiente topográfico e à influência estrutural. Quanto a evolução regional do relevo, os resultados obtidos ainda apontam que as chapadas do São Francisco ocupavam, no passado, uma área maior que atual.

Abstract:

This paper analyses the morphogenesis of an hydrographic limit between the Tocantins basin – sub-basin of Paranã – and the São Francisco basin, in an area with a large occurrence of tablelands. The utilized methods comprehend bibliographical review, remote sensing, geoprocessing and field works. The results show that the Hydrographic Basin of São Francisco river loses area to the Tocantins basin through the erosion and retreat of the São Francisco tablelands in relation to the middle surfaces of the Serra Geral de Goiás/São Francisco. At the same time, these surfaces also lose area to the depressions. Therefore, there are two fronts of erosion controlled by the fluvial incision and the hydrographical limit of the Tocantins (Paraná) basins and the São Francisco has been retreated to the east due to the fact that the Paranã river's tributaries have a greater erosive power than the affluent of São Francisco river. Thus, the arenitic residual geofoms over the middle surfaces of Serra Geral de Goiás mark old front lines of this hydrographic limit. In the São Francisco hydrographic basin, the fluvial incision increases from North to South due to topographical gradient and the structural influence. Regarding the regional relief evolution, the results still indicate that the São Francisco tableland occupied, in the past, a greater area than the current.

Introdução

Os divisores hidrográficos correspondem a áreas de grande interesse em estudos de morfogênese, pois registram o poder erosivo de diferentes bacias hidrográficas e são sensíveis à dinâmica de variação de níveis de base locais e até regionais. Cherem *et al.* (2013) aponta que bacias que possuem níveis de base mais rebaixados tendem capturar aquelas com níveis de base mais elevados. No entanto, outros fatores influenciam nesse processo como, por exemplo, a resistência litológica e o clima. Por conseguinte, nos últimos anos esforços vêm sendo tomados para compreender e caracterizar a evolução dos principais divisores hidrográficos do sul e sudeste do Brasil (CHEREM *et al.*, 2012, 2013; SALGADO *et al.*, 2012, 2016; SORDI *et al.*, 2015a, 2018; MARENT, 2016; REZENDE *et al.*, 2018).

Sendo assim, apesar do tema ter começado a ser sistematicamente abordado no território brasileiro, os estudos se concentraram nas regiões Sul e Sudeste (CHEREM *et al.*, 2012; BARRETO *et al.*, 2013; SALGADO *et al.*, 2014, 2016; SORDI *et al.*, 2018; REZENDE *et al.*, 2018) e, portanto, se faz necessário pesquisas que analisem divisores hidrográficos de outras regiões. Neste âmbito insere-se o presente trabalho que busca compreender a morfogênese do divisor hidrográfico entre as bacias Tocantins/São Francisco e sua relação com a ocorrência de chapadas.

Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo possui cerca de 165.600 km² e envolve parte do Distrito Federal e dos estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais e Tocantins. Situa-se no interflúvio de duas grandes bacias hidrográficas brasileiras: Tocantins

(sub-bacia do Paranã) com a do São Francisco. Ressalta-se que a maior parte do divisor hidrográfico entre essas bacias hidrográficas compreende a Serra Geral de Goiás (Figura 1).

A geologia da área de estudo inclui duas unidades geotectônicas: o Cráton do São Francisco (Paleoproterozoico), e o Cinturão Brasília, pertencente ao Sistema Orogênico do Tocantins (Neoproterozoico). O Cráton do São Francisco, neste recorte, é recoberto por unidade sedimentares e metassedimentares de diferentes idades. As estruturas geológicas concentram-se na porção oeste e estão relacionadas ao Cinturão Brasília. As principais direções das falhas e lineamentos são W-E, SW-NE, SE-NW e N-S, associadas ao Ciclo Tectônico Brasileiro (CPRM, 2004; HASUI, 2010; HASUI *et al.*, 2012) (Figura 2).

Há uma diversidade significativa de litologias. Na porção oeste ocorrem rochas do embasamento cristalino e dos grupos Araí, Canastra e Paranoá. No Cráton do São Francisco destacam-se as litologias carbonáticas do grupo Bambuí e as rochas areníticas do grupo Urucuaia (CPRM, 2004) (Figura 2).

Em termos climáticos, a área em questão envolve dois padrões segundo a classificação de Köppen. Nas porções NW, SW e SE predomina o clima tropical – do tipo *Aw* – com duas estações bem definidas: (i) verões úmidos e quentes de outubro a abril e, (ii) invernos amenos e secos que se estendem de maio a setembro. As médias pluviométricas anuais para Alto Paraíso de Goiás – GO, Formosa/GO e Januária/MG são de 1437mm, 1272mm e 914mm, respectivamente. Já a porção NE é classificada como semiárida – do tipo *Bsh*. Este tipo de clima caracteriza-se por baixa precipitação com distribuição irregular, insolação e temperaturas elevadas. Para a região de Correntina/BA a precipitação média anual é em torno de 680mm (INMET; GASPARG, 2006).

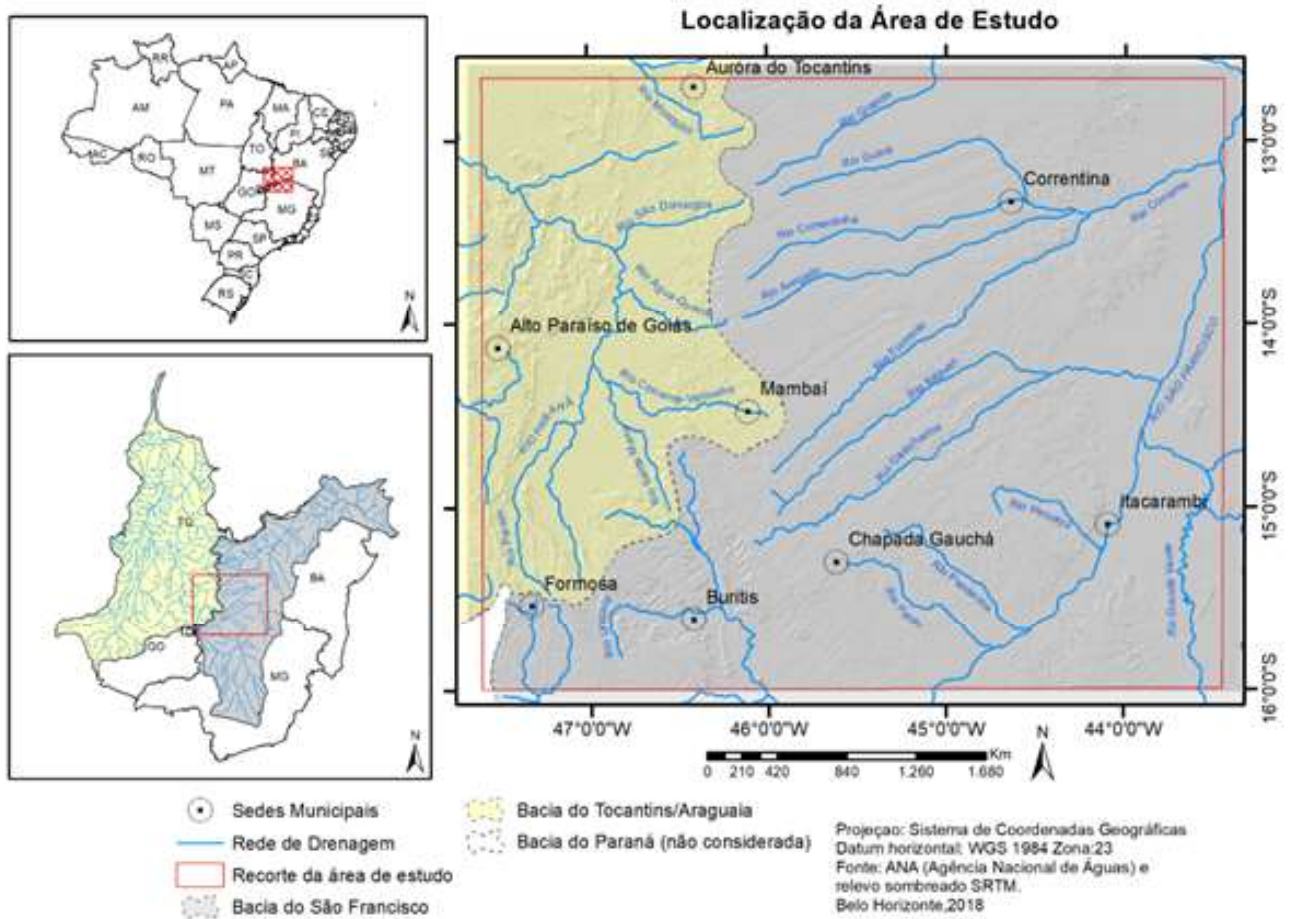


Figura 1 - Localização da área de estudo

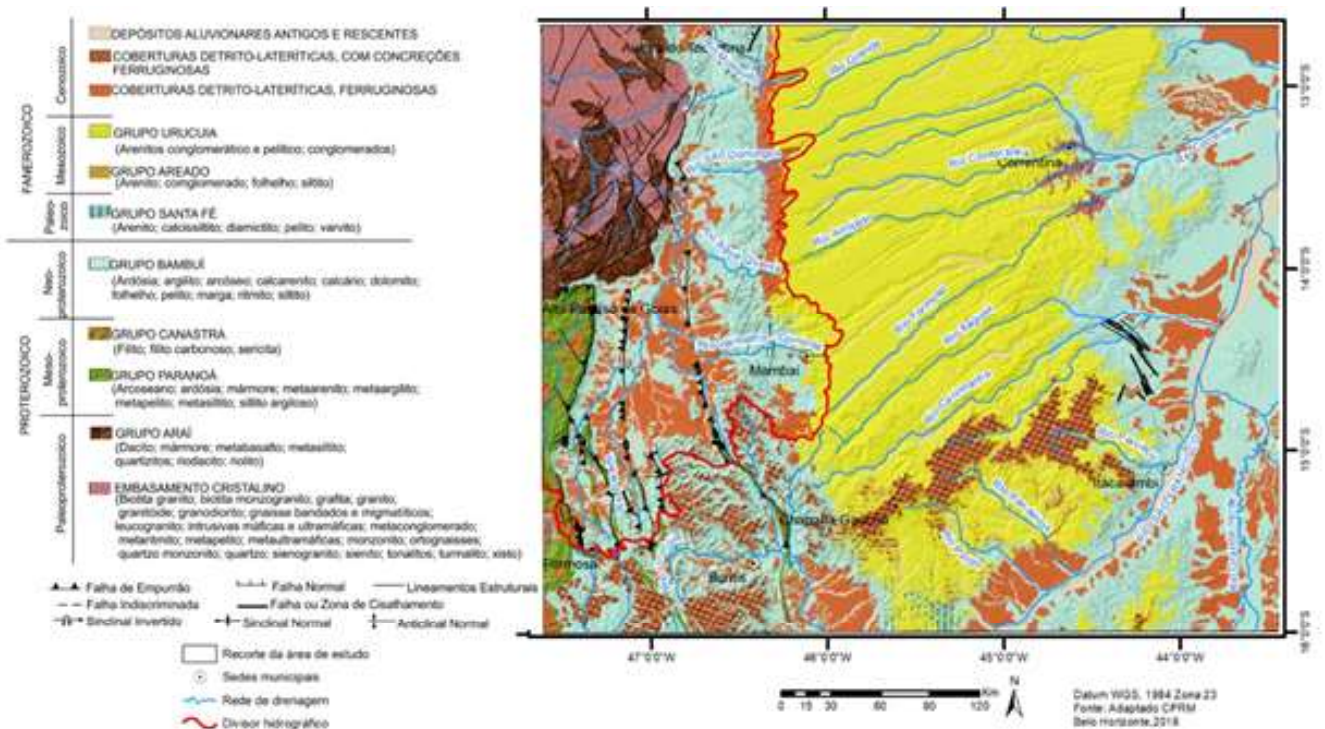


Figura 2 - Geologia da área de estudo. Fonte: Adaptado da CPRM.

Materiais e Métodos

Materiais

Para o desenvolvimento da pesquisa foram adquiridos dados cartográficos e produtos de sensoriamento remoto por meio digital. Assim, os principais dados vetoriais foram a divisão política-administrativa na escala 1: 6.000.000 e o mapa de relevo do Brasil na escala 1: 5.000.000, fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006). Utilizou-se também dados vetoriais das sedes municipais, rede de drenagem e limite de área das bacias analisadas provindas do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA); assim como os dados de geologia do ano de 2004, concedidas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Quanto aos dados matriciais, a pesquisa dispôs de 60 imagens orbitais do sensor SENTINEL-2, com resolução espacial de 10m, disponibilizadas pela *European Space Agency* (ESA) através do *Amazon S3*. Contou também com vinte e cinco imagens de radar fornecidas pela *Shuttle Radar Topograph Mission* (SRTM) através da *United States Geological Survey* (USGS), com resolução espacial de 90m.

Métodos

A pesquisa se apoiou em três etapas, que funcionaram de forma integrada. A primeira consistiu no levantamento bibliográfico acerca da área de estudo e dos temas discutidos. A segunda incluiu os procedimentos técnico-operacionais e foi executada unicamente em gabinete por intermédio das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para geração de dados. Inicialmente, esta etapa consistiu em um pré-processamento dos dados matriciais e vetoriais, para assim gerar: (i) Modelo Digital do Terreno; (ii) compartimentação do relevo; (iii) mapeamento das geoformas residuais; (iv) perfis longitudinais dos cursos d'água; (v) Cálculo da taxa média de descida dos perfis longitudinais dos canais; (vi) bloco diagrama com a evolução do relevo.

i. O Modelo Digital do Terreno foi elaborado a partir das imagens SRTM no ambiente do *global Mapper* 18.

ii. A compartimentação geomorfológica foi confeccionada no ARCGIS 10.1. Assim, a definição das unidades parte do primeiro nível de análise geomorfológica definido por Ab'Saber (1969). Consideraram-se os padrões altimétricos (mapa hipsométrico); declividade (mapa clinográfico); textura das formas de relevo (Modelo Digital do Terreno) e; geologia (mapa geológico). As observações realizadas durante os trabalhos de campo também contribuíram para a compartimentação do relevo. Ressalta-se que os compartimentos do relevo identificados foram nomeados de acordo

com o padrão sugerido pelo IBGE (2006), sendo que na área identificou quatro tipos de relevos principais: *planaltos, patamares, depressões e chapadas*.

iii. A identificação e mapeamento das formas de relevo residual foram realizadas por intermédio das imagens orbitais do SENTINEL-2, e do Modelo Digital do Terreno no Ambiente do QGIS 2.18. Assim, os mesmos foram pontuados utilizando os seguintes critérios: altimetria mais elevada em relação ao seu entorno; rupturas de declive ao longo das bordas; área menor que 10 hectares. Os trabalhos de campo também auxiliaram na definição destas geoformas residuais;

iv. Foram elaborados seis perfis longitudinais dos canais para cada bacia analisada, que compartilhassem a mesma área no divisor hidrográfico. A escolha dos mesmos se baseou em uma análise previa da altimetria no referido divisor, sendo escolhidas regiões mais rebaixadas. O escopo desta análise foi verificar se os canais estão em equilíbrio ou não, indicando rupturas. Os perfis foram confeccionados no ARCGIS 10.1, Excel 2013 e CorelDraw X8;

v. Para complemento da análise anterior calculou-se a taxa de descida dos perfis longitudinais dos canais, a partir da seguinte equação: $Y_{(máx.)} - Y_{(min.)} / X_{(total)}$;

A terceira e última etapa, consistiu na realização de campanhas de campo com intuito de verificar se as informações geradas em gabinete condiziam com a realidade e para o levantamento de informações inéditas. Assim, foram feitas duas campanhas de campo, a primeira com duração de sete dias, e a segunda, de quatorze dias.

Resultados

A área de estudo foi compartimentada em nove unidades geomorfológicas (Figura 3). As Depressões do Paranã, São Francisco e Urucuia associam-se à litologias do Grupo Bambuí e as coberturas detrito lateríticas ferruginosas. A morfologia destas unidades é marcada por baixa declividade, variando de plano a levemente ondulado e as cotas altimétricas são de 300m a 600m (Figura 4A, B e C). As planícies associam-se às principais drenagens da área de estudo.

O Compartimento das Chapadas localiza-se na porção mais centralizada da área de estudo e está esculpida em rochas areníticas do Grupo Urucuia, recapeadas por coberturas detrito lateríticas ferruginosas (Figura 3). As altitudes são de 700m a 1036m, e aumentam progressivamente de leste para oeste, culminando no divisor hidrográfico entre as bacias do Tocantins e São Francisco. O topo destas geoformas é predominantemente plano, 0 a 3%, enquanto que parte da sua borda, ao longo do divisor hidrográfico, mostra-se com alto declive, 45% (figuras 4D).

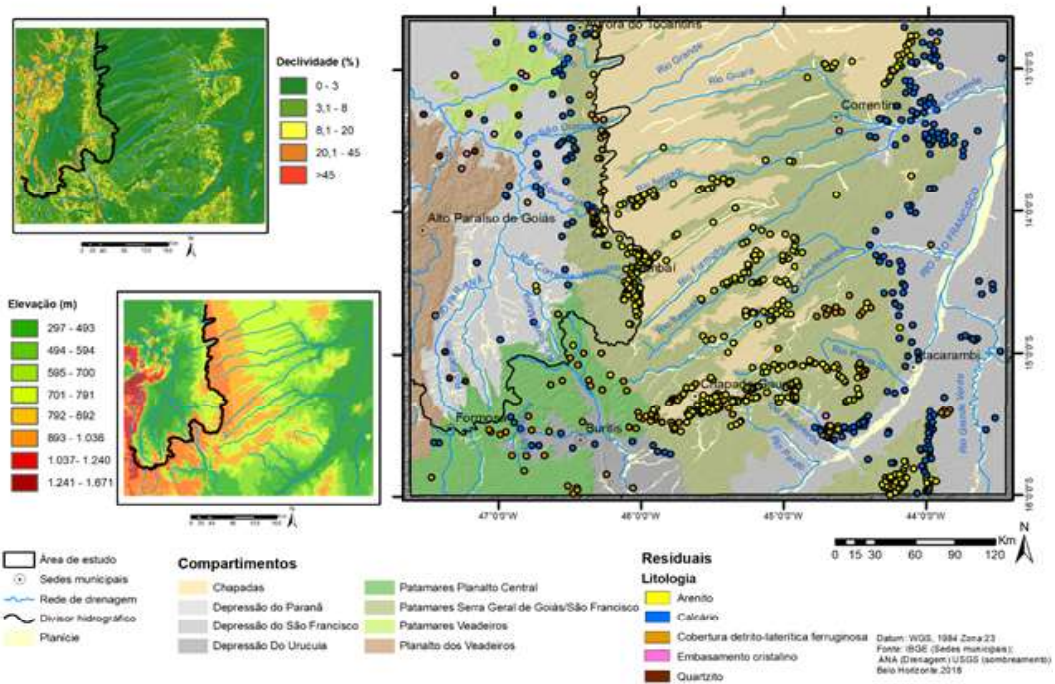


Figura 3 - Compartimentos geomorfológicos, declividade, elevação e geofomas residuais da área de estudo.

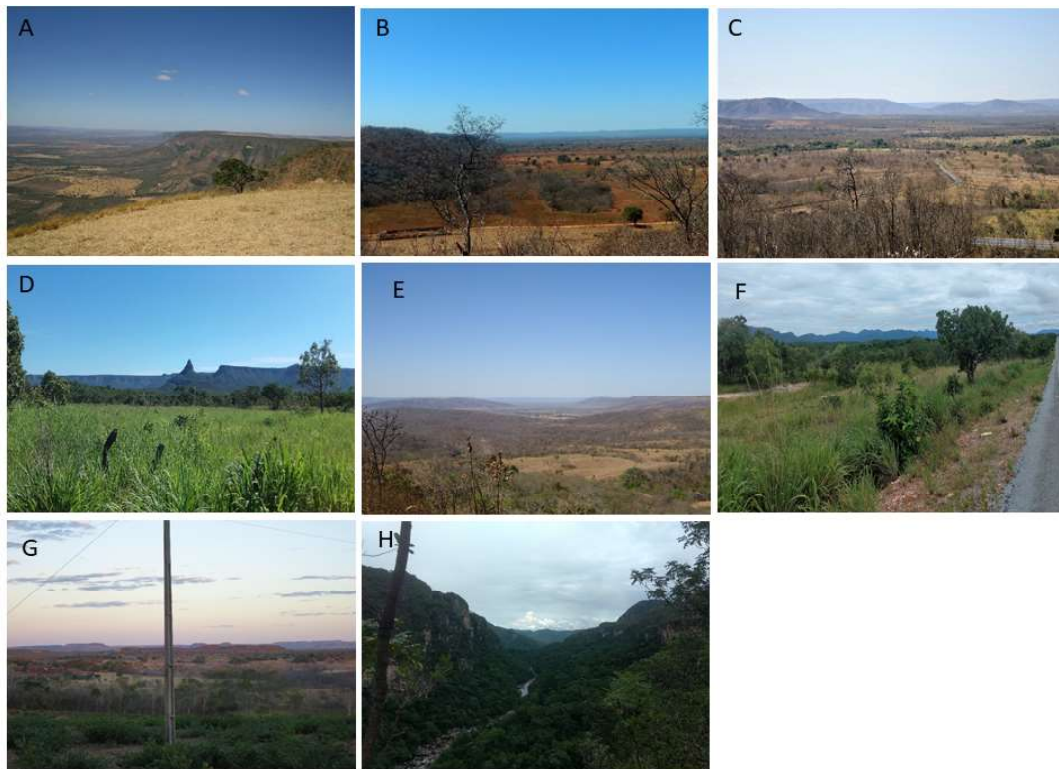


Figura 4 - Registro fotográfico dos compartimentos geomorfológicos. (A) Paisagem típica da **Depressão do Paranã** vista do **Planalto dos Veadeiros**; (B) Paisagem típica da **Depressão do São Francisco** com residual carbonático; (C) **Depressão do Urucua** e, ao fundo, escarpas que marcam o contato dessa depressão com o compartimento do relevo dos **Patamares do Planalto Central**; (D) Paisagem típica da borda das **Chapadas**; (E) **Patamares do Planalto Central** em contato com a **Depressão do Urucua**; (F) **Patamares dos Veadeiros** com destaque, ao fundo, para as cristas quartzíticas residuais; (G) Paisagem típica dos **Patamares Serra Geral de Goiás/São Francisco** com, ao fundo, as escarpas que marcam o início do compartimento de **Chapadas**; (H) Paisagem do **Planalto dos Veadeiros**.

Os Patamares do Planalto Central ocupam a porção sudoeste da área de estudo (Figura 3). São esculpidos em rochas dos Grupos Paranoá e Bambuí, e coberturas detrito lateríticas ferruginosas. A altimetria diversa de 800m a 1240m, esta última de forma mais pontual, e a declividade é baixa nos topos dos patamares e intermediária nas vertentes dos vales fluviais. Essa unidade possui formas de relevo semelhantes à unidade de Chapadas, porém as geoformas são mais segmentadas nesta unidade e, por isso, possuem pouca extensão espacial (Figura 4E).

Os Patamares dos Veadeiros localizam-se na região NW e, em termos de área ocupada, são a menor unidade geomorfológica (Figura 3). Estão predominantemente abaixo dos 800 metros de altitude e se desenvolvem a partir de duas litologias principais: (i) as rochas do embasamento cristalino, associado aos relevos rebaixados e; (ii) aos quartzitos do Grupo Araí, que configuram cristas ou relevos residuais estruturais de maior altitude (Figura 4F). Além disso, nota-se que há controle estrutural nesta unidade atribuído às falhas e fraturas.

Os Patamares da Serra Geral de Goiás/São Francisco é a unidade de maior extensão (Figura 3). Eles ocorrem de forma pontual no sul e circundam toda a unidade de Chapadas na porção central da área de estudo. Em termos litológicos compreende rochas dos Grupos Bambuí e Urucuaia, além de coberturas detrito-lateríticas ferruginosas e rochas do embasamento cristalino associado às calhas de rios. Quanto à altimetria, aproximadamente, as áreas mais rebaixadas possuem cerca de 500m de altitude, as intermediárias 650m e as mais elevadas 850m. Já a declividade predominante é em torno de 8 e 20%. A morfologia tende a ser mais dissecada quando associada a rochas carbonáticas (Figura 4G). Nota-se também que as áreas drenadas em direção

ao rio São Francisco são mais extensas que aquelas que vertem para o rio Paranã.

O Planalto dos Veadeiros compreende a porção mais a oeste da área de estudo (Figura 3). É composto, principalmente, por rochas quartzíticas dos Grupos Araí e Paranoá. Estas rochas sustentam as porções mais elevadas da área de estudo, entre 701m a 1671m. Em geral, a declividade mostra-se alta, principalmente nas vertentes relacionadas ao Grupo Araí. Há topos relativamente planos associados ao Grupo Paranoá, com declividade variando entre 0 a 8% (Figura 4H). O Planalto dos Veadeiros difere-se dos Patamares dos Veadeiros. Nos Patamares predomina um relevo rebaixado pontilhado de elevações residuais. Já no Planalto, as formas de relevo são altimetricamente elevadas e desenvolvidas majoritariamente em litologias quartzíticas.

Os relevos residuais mapeados totalizam 871 geoformas (Figura 3). Eles associam-se aos arenitos do Grupo Urucuaia, calcários do Grupo Bambuí, coberturas detrito lateríticas ferruginosas, quartzitos dos Grupos Araí e Paranoá, além de intrusões do embasamento cristalino. Em termos de gênese, acredita-se que as geoformas residuais associadas às duas últimas litologias são de caráter estrutural, enquanto as demais geoformas são de origem denudacional. Quanto à distribuição espacial, os relevos residuais areníticos concentram-se nos Patamares da Serra Geral de Goiás/São Francisco, principalmente próximo ao limite com o compartimento das Chapadas, ou seja, próximo ao interflúvio entre as bacias hidrográficas dos rios Tocantins com São Francisco (Figura 4). As geoformas residuais associadas às rochas carbonáticas são predominantes nas depressões, majoritariamente na do São Francisco. Destaca-se que é comum topos areníticos sobre relevos residuais carbonáticos (Figura 5).



Figura 5 - Geoformas residuais. (A) Associada aos Patamares da Serra Geral de Goiás; (B) Sobre a Depressão do São Francisco

Para a análise da bacia hidrográfica do rio Tocantins, sub-bacia do Paranã, foram analisados os seus principais afluentes: rios Paraim, Santa Maria, Corrente, Buritis, Água Quente e São Domingos. Já na bacia do rio São Francisco os principais tributários – cursos fluviais selecionados - são os rios: Urucuia, São Domingos, Formoso-Corrente, Pratudão, Arrojado e Grande. (Figura 6). Esses rios foram selecionados pois uma análise preliminar, indica que suas bacias disputam área no divisor hidrográfico. Os dados obtidos foram sistematizados na Tabela 1 e demonstram que os cursos fluviais que descem em direção ao Rio Paranã possuem um percurso muito mais agressivo – declivoso – que aqueles que vertem em direção ao São Francisco (Figura 6 e Tabela 1). Esta diferença chega a alcançar uma taxa de descida por km percorrido de quase cinco vezes mais no caso do Rio Água Quente em relação ao Rio Arrojado. No entanto, essa diferença é maior nos cursos fluviais localizados mais a norte do que naqueles mais a sul da área de estudo. Nesse sentido, os rios Corrente e Formoso/Corrente apresentam taxas iguais de descida por km percorrido e nos rios Santa Maria e São Domingos elas são muito semelhantes (Tabela 1).

Discussões

A partir dos dados apresentados é possível constatar que: (i) os afluentes do Paranã possuem maior capacidade erosiva do que os do São Francisco (Figura 6 e Tabela 1); (ii) que há pelo menos duas frentes de erosão, comandadas pela incisão fluvial: uma atua sobre o compartimento das Chapadas e a outra sobre os Patamares da Serra Geral de Goiás/ São Francisco e que; (iii) as geoformas residuais estão, em sua maioria, associadas aos arenitos do Grupo Urucuia ou aos calcários do Grupo Bambuí (Figuras 2 e 3). Assim, os relevos residuais associados aos Patamares mostram que o compartimento das Chapadas ocupava uma área maior que atual, pois as geoformas residuais apresentam cotas altimétricas e composição litológica constituída por topos com arenitos ou lateritas e são semelhantes aos encontrados no compartimento do relevo Chapadas. Por sua vez, o piso dos compartimentos de Patamares é composto pelas rochas calcárias do Grupo Bambuí, fato que demonstra que a erosão fluvial, ao segmentar as Chapadas, exuma os calcários que, por serem rochas facilmente denudadas em ambientes tropicais úmidos e semiúmidos, possibilitam a rápida fragmentação da região do interflúvio entre as bacias hidrográficas do Tocantins (Paraná)/São Francisco.

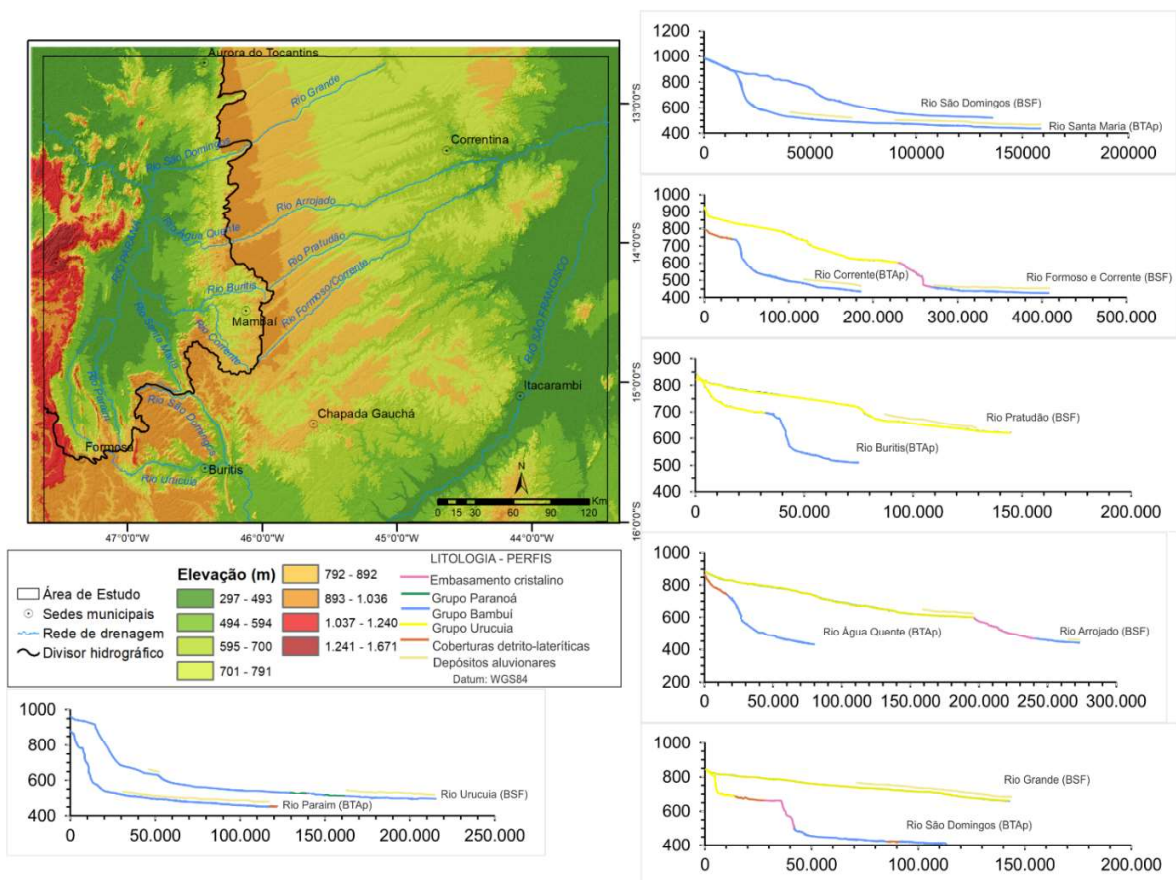


Figura 6 - Perfis longitudinais dos canais selecionado. Sendo BTAp – Bacia do Tocantins – Paranã, e BSF – Bacia do São Francisco

Tabela 1: Dados básicos adquiridos dos perfis longitudinais dos canais. Onde que Ext. (km) é Extensão em quilômetros dos canais, Alt. (m) é a Altimetria em metro das nascentes (Máx), e a Foz (Mín.) dos canais e Gp. são Grupos Litológicos.

BACIA TOCANTINS – PARANÁ						BACIA DO SÃO FRANCISCO					
Nome	Descrição	Geologia	Ext. (km)	Alt. (m)	Taxa de descida	Nome	Descrição	Geologia	Ext. (km)	Alt. (m)	Taxa de descida
Rio São Domingos	Há uma ruptura de declive a prox. cabeceira e outra no médio curso.	Embasamento cristalino, Gp. Bambuí, Gp. Urucuia.	113	Máx. 848 Mín. 408	3,9m/km	Rio Grande	O perfil contemplou apenas o alto curso. Não há rupturas de declive.	Gp. Urucuia e depósitos aluvionares associados	143	Máx. 844 Mín. 659	1,3m/km
Rio Água Quente	Ocorre uma ruptura de declive próxima a cabeceira.	Gp. Bambuí e coberturas detrito lateríticas ferruginosas	80	Máx. 875 Mín. 431	5,6m/km	Rio Arroja do	Afluente do rio Corrente. Há apenas uma ruptura de declive no baixo curso.	Embasamento cristalino, Gp. Bambuí, Gp. Urucuia e depósitos aluvionares.	373	Máx. 890 Mín. 443	1,2m/km
Rio Buritis	Afluente do rio Corrente. Há pequenas rupturas de declive próximo a sua cabeceira.	Gp. Bambuí e Gp. Urucuia.	70	Máx. 846 Mín. 509	4,5m/km	Rio Pratudão	Afluente do rio Corrente. Possui uma ruptura de declive no médio/baixo canal.	Gp. Urucuia e depósitos aluvionares associados	144	Máx. 821 Mín. 623	1,4m/km
Rio Corrente	Há apenas uma ruptura de declive próxima ao quilômetro 50.	Gp. Bambuí, coberturas detrito lateríticas ferruginosas e depósitos aluvionares.	186	Máx. 799 Mín. 435	1,4m/km	Rio Formoso/Corrente	Há três rupturas de declive, a primeira próxima a cabeceira, a segunda no km 40, e a terceira no km 250.	Embasamento cristalino, Gp. Bambuí, Gp. Urucuia e depósitos aluvionares.	408	Máx. 930 Mín. 408	1,4m/km
Rio Santa Maria	Há uma ruptura de declive próxima à sua cabeceira.	Gp. Bambuí e depósitos aluvionares.	158	Máx. 986 Mín. 435	3,5m/km	Rio São Domingos	Afluente do rio Urucuia. Apresenta uma ruptura de declive no médio canal.	Gp. Bambuí.	140	Máx. 992 Mín. 420	3,2m/km
Rio Paraim	Ocorrem três rupturas de declive, todas próximas a cabeceira.	Gp. Bambuí e as coberturas detrito lateríticas ferruginosas	121	Máx. 886 Mín. 450	3,6m/km	Rio Urucuia	O perfil contempla apenas o alto curso. Há duas rupturas de declive, uma mais próxima do divisor.	Gp. Bambuí, Gp. Paranoá e depósitos aluvionares filiados.	215	Máx. 967 Mín. 490	2,3m/km

Por consequência, à medida que as Chapadas são erodidas, a unidade dos Patamares da Serra Geral de Goiás/São Francisco é acrescida em área. Porém, como esta unidade possui por substrato os frágeis calcários, as geoformas de chapada que constituem a paisagem desse compartimento também estão sujeitas à rápida erosão. Sendo assim, na medida em que elas são erodidas, os patamares são destruídos, dando lugar a uma ampla depressão. Logo, os compartimentos de patamares também perdem área, só que, nesse caso, o perdem para depressões. Tal informação é atestada pelos residuais encontrados nas unidades deprimidas (Figuras 3 e 7): os que se localizam no contato entre os compartimentos Chapadas/Patamares são areníticos e os que se situam no limite Patamares/Depressão são carbonáticos (Figuras 3 e 7). Portanto, constata-se que as chapadas ocupavam uma área maior que atual. As geoformas residuais, principalmente as carbonáticas com topos areníticos nas depressões, sustentam tal afirmação.

Destaca-se que os Patamares relacionados a Serra Geral de Goiás são de menor extensão que os associados ao São Francisco (figuras 3 e 7). Este fato mostra que a erosão desta unidade é mais efetiva na sub-bacia do Paranã e que as geoformas residuais nos Patamares da Serra Geral de Goiás demarcam antigas linhas de frente do divisor hidrográfico entre as bacias do Tocantins/São Francisco. Paralelamente, a unidade de Chapadas perde continuidade de norte a sul (figuras 3 e 8), fato que comprova que a incisão fluvial por parte dos afluentes do São Francisco torna-se mais eficiente na região centro-sul da área de estudo. Neste contexto, é possível demarcar, através da incisão dos canais, três diferentes compartimentos em termos de poder erosivo dos cursos fluviais (Figura 8): (a) um menos potente ao norte; (b) um intermediário na porção central e; (c) um mais erosivo na porção sul. Tal fato comprova que a intensidade da erosão no divisor hidrográfico decresce de sul para norte na área de estudo.

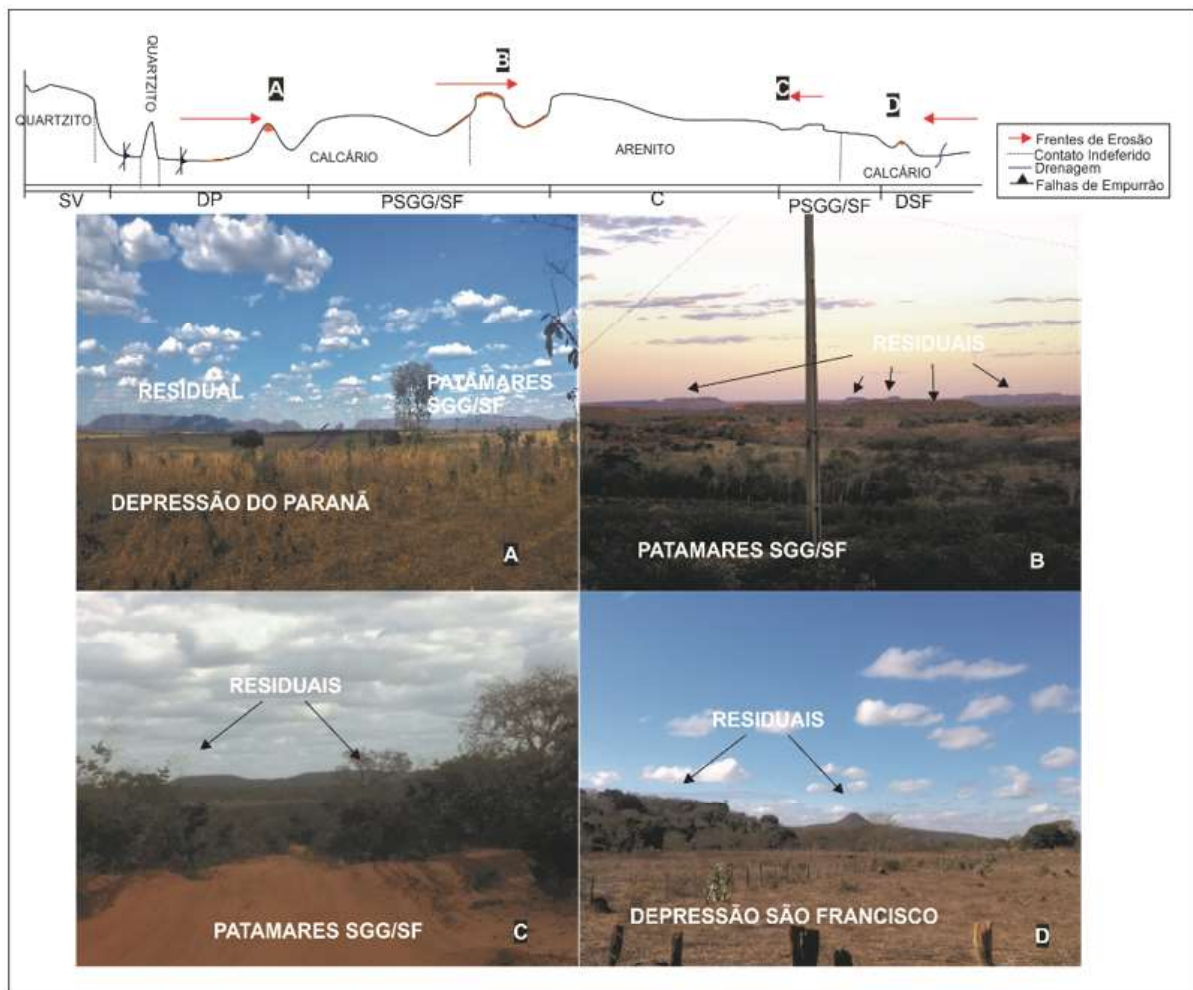


Figura 7 - Frentes de erosão identificadas. (B) e (C): relevos residuais associados a unidade das Chapadas; (A) e (D) relevos residuais relacionados aos Patamares da Serra Geral de Goiás/São Francisco (SGG/SF).

Apesar dessa maior agressividade erosiva dos afluentes mais ao sul do rio São Francisco, a análise dos perfis longitudinais dos canais mostrou que, de forma geral, as rupturas de declive são mais acentuadas e mais próximas do divisor hidrográfico nos afluentes do rio Paranã (rios Paraim; Santa Maria; Corrente; Buritis; Água Quente; São Domingos) do que nos seus pares que drenam em direção ao rio São Francisco (Figura 6). Isto ocorre, pois, os afluentes do Paranã drenam o *front* da escarpa que marca o contato entre as Chapadas do São Francisco com os Patamares,

bem como em razão dos mesmos alcançarem os frágeis carbonatos do Grupo Bambuí muito antes dos afluentes do rio São Francisco. Para além, estes afluentes percorrem uma distância menor até seu nível de base regional, rio Paranã, do que os afluentes do rio São Francisco (Tabela 1). Logo, apesar da altimetria dos respectivos níveis de base regionais ser similar – Paranã e São Francisco – os afluentes do primeiro apresentam gradiente de descida mais declivoso e energético, fato que, por consequência, lhes confere maior poder erosivo.

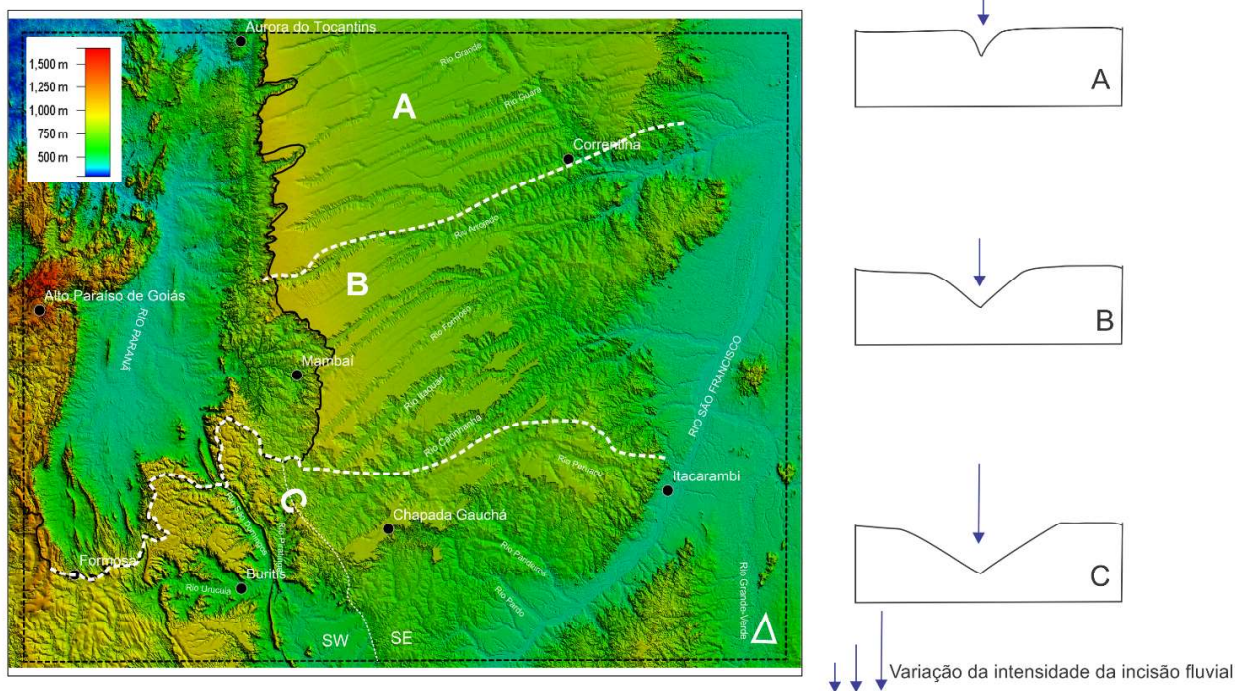


Figura 8 - Esboço do aumento da incisão fluvial de norte a sul.

Constatou-se também, a partir da morfologia dos canais, que dentre os seis afluentes do rio São Francisco somente o rio Urucuia possui rupturas de declive mais próximas da cabeceira (Figura 6). Os demais apresentam no médio e baixo curso (rios São Domingos; Formoso-Corrente; Pratudão; Arrojado; Grande). Este fato endossa ainda mais a conclusão que a morfodinâmica no divisor hidrográfico entre as bacias do Tocantins, sub-bacia do Paranã, e São Francisco é marcada pela dissecação preferencial dos afluentes do rio Paranã, principalmente junto ao interflúvio entre as bacias hidrográficas. Além disso, as taxas médias de descida por quilômetro percorrido dos perfis longitudinais dos canais (Tabela 1) corroboram com afirmação supracitada, visto que essas taxas são superiores nos afluentes do Paranã, principalmente na área norte. Na área sul as taxas de descida entre os afluentes das duas bacias são mais

semelhantes. Porém, a maior agressividade nos afluentes do São Francisco, na área sul, não garante ganho de área no divisor hidrográfico, mas sim contribui para incisão fluvial dentro da própria bacia neste setor (Figura 8).

Em síntese, com a progressiva instalação da rede de drenagem, o setor oeste da área de estudo, onde atualmente localiza-se a Depressão do Paranã, se beneficiou das estruturas de sentido N-S, alcançando assim as litologias mais friáveis do Grupo Bambuí. Essas rochas, por sua vez, deram um *input* na abertura da depressão do Paranã. Já na borda leste da área pesquisada, o responsável por recuar às chapadas foi o rio São Francisco e seus afluentes (Figura 9). Porém, a erosão foi menos agressiva, visto que os afluentes, de modo geral, são menos declivosos (Tabela 1). Sendo assim, pode-se delinear que inicialmente a paisagem da região era composta por um amplo planalto – chapadão – arenítico drenado em suas bordas por um proto-rio Paranã a

Morfogênese do Interflúvio Tocantins/São Francisco na Região do Rio Paranã

oeste e por um antigo rio São Francisco a leste (Figura 9A). Estes, provavelmente se aproveitando de antigas estruturas, encaixaram, erodiram os arenitos em seus vales e assim exumaram as rochas carbonáticas subjacentes (Figura 9B). O estabelecimento de um nível de base mais rebaixado ao longo dos vales fluviais principais permitiu que o planalto

arenítico começasse a ser erodido a partir de suas bordas pela ação da erosão fluvial dos afluentes dos rios Paranã e São Francisco. Paralelamente, causou também o recuo lateral das vertentes (*backwearing*), fato que segmentou o amplo planalto e produziu a atual paisagem de chapadas (Figura 9C).

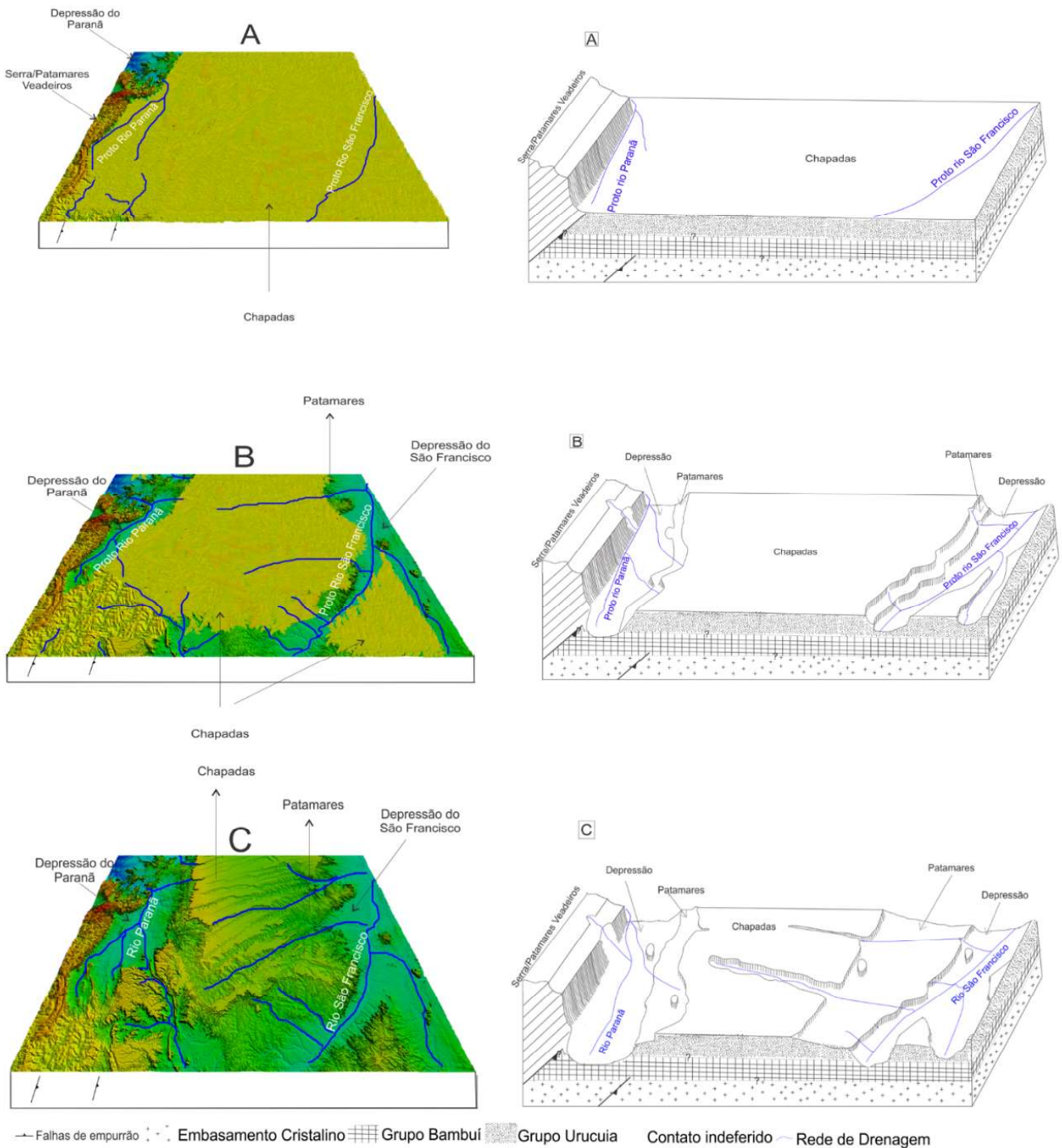


Figura 9 - Bloco diagrama da evolução regional do relevo da região estudada. A = Momento inicial; B = Momento intermediário; C = Configuração atual.

Considerações Finais

A realização desse trabalho permite constatar que: a) a escarpa no divisor hidrográfico confere aos afluentes do Paranã maior gradiente topográfico, assim os mesmos alcançam com maior agressividade erosiva o seu nível de base – rio Paranã. Já os afluentes do rio São Francisco perfazem um caminho mais longo, menos declivoso e erosivo ao seu nível de base – rio São Francisco; b) as geoformas residuais, de origem denudacional, são mais comuns nos *Patamares da Serra Geral de Goiás/São Francisco* e nas depressões, sobretudo nas áreas com calcários; c) a litologia e as estruturas geológicas contribuem para a formação e desenvolvimento das geoformas residuais, uma vez que a exumação das rochas carbonáticas e a sua dissolução, promove a formação de áreas suavizadas e estimula a erosão remontante, o que desestabiliza o antigo divisor hidrográfico, assim como promove o ganho e a perda de áreas das bacias hidrográficas; d) foram identificadas duas frentes onde os processos de dissolução, erosão e denudação atuam, sendo uma sobre a unidade das Chapadas e a outra sobre os Patamares da Serra Geral de Goiás/ São Francisco e; e) a denudação na bacia do São Francisco decresce de sul para norte.

Neste contexto, foi ainda possível concluir que os materiais e métodos utilizados na pesquisa são adequados para trabalhos que analisem a importância da erosão fluvial e do nível de base na evolução do relevo. Esta conclusão é relevante em função de que a mensuração de processos erosivos de longo-termo é possível através de metodologias geocronológicas como, por exemplo, os isótopos cosmogênicos. Entretanto, apesar de possível, englobam o uso de métodos por demais onerosos e de difícil acesso. Assim sendo, as análises baseadas em sensoriamento remoto e geoprocessamento, quando acompanhadas de rigoroso trabalho de campo, tornam-se ferramentas importantes e capazes de conduzir a pesquisa a relevantes resultados, conforme demonstrado no presente trabalho.

Agradecimentos

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Projeto CAPES COFECUB 869/15, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais (PPGG/IGC/UFGM), e ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

Referência Bibliográfica

- AB' SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, IG – USP, n.18, 1969.
- ANA. **Agência Nacional de Águas**. URL: <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/solicitacaoBaseDados.asp>. Acesso em: 15/05/2016.
- BARRETO, H. N.; VARAJAO, C. A. C.; BRAUCHER, R.; BOURLÉS, D.; SALGADO, A. A. R. Denudation rates of the Southern Espinhaço Range, Minas Gerais, Brazil, determined by in situ-produced cosmogenic beryllium-10. **Geomorphology** (Amsterdam), v. 191, p. 1-13, 2013.
- CHEREM L. F.; VARAJÃO, C. A. C.; SALGADO, A. A. R. ; VARAJÃO, A. F. D. ; BRAUCHER, R.; Bourlès D. ; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. ; NALINI JUNIOR, H. A. Denudação química e rebaixamento do relevo em bordas interplanálticas com substrato granítico: dois exemplos no SE de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, p. 73-84, 2012.
- CHEREM, L.F.S.; VARAJÃO, C.A.C.; BRAUCHER, R.; BOURLÈS, D.; SALGADO, A.A.R.; VARAJÃO, A. C. O papel das capturas fluviais na morfodinâmica das bordas interplanálticas do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 4, p. 299-308, 2013.
- CPRM. Serviço Geológico de Brasília. **Mapa Geológico** folha de Brasília, Rio de Janeiro, 2004. Escala 1:1.000.000. URL: <http://geosgb.cprm.gov.br>. Acesso: 15/05/2016.
- ESA. European Space Agency. URL: <http://sentinel-s2-l1c.s3-website.eu-central-1.amazonaws.com/>. Acesso em: 20/09/2017.
- GASPAR, M. T. P. Sistema Aquífero Urucua: Caracterização Regional e Proposta de Gestão. **Tese (Doutorado)** – UnB, Brasília, 2006. 158p.
- GOIÁS (Estado). **Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração**. Caracterização Climática do Estado de Goiás, Goiânia, 2006, p.135.
- HASUI, Y. Regimes tectônicos. In: HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA, F.F.M.; BARTORELLI, A. **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. P. 47-64.
- HASUI, Y. A grande colisão Pré-Cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional. **Geociências**, v. 29, n. 2, p. 141-169, 2010.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de dados climáticos histórico. URL: <http://www.inmet.gov.br/portal/>.

Acesso: 10/05/2018.

IBGE – Instituto de Geografia e Estatística. Base Vetorial Geomorfologia do Brasil.2006 URL: https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm. Acesso em: 15/05/2016.

MAPIO. Depressão do Paraná. URL: <http://mapio.net/s/29810429/>. Acesso em:30/09/2017

MARENT, B.R. **Geomorfogênese dos degraus escalonados do sudeste de Minas Gerais**. Tese (Doutorado) – UFMG, Belo Horizonte, 2016. 190p.

REZENDE, E. A.; SALGADO., A. A. R.; CASTRO, P. T. A. Evolução da rede de drenagem e evidências de antigas conexões entre as bacias dos rios Grande e São Francisco no sudeste brasileiro. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, v. 19, p. 483-501, 2018.

SALGADO, A. A. R.; SOBRINHO, L.C.; CHEREM, L. F ; VARAJÃO, C.A. C.; VARAJÃO, C.A. C.; BOURLÈS, DIDIER L. ; BRAUCHER, R.; MARENT, B. R. Estudo da evolução da escarpa entre as bacias do Doce/Paraná em Minas Gerais através da quantificação das taxas de desnudação. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, p. 213-222, 2012.

SALGADO, A. A. R.; Marent B. R.; Cherem L. F.; BOURLÈS, D.; Santos, L. J. C.; BRAUCHER, R; BARRETOS, H. N. Denudation and retreat of the Serra do Mar escarpment in southern Brazil derived from in situ-produced 10 Be concentration in river sediment. **Earth Surface Processes and**

Landforms, v. 39, p. 311-319, 2014.

SALGADO, A. A. R.; REZENDE, E. A.; BOURLÈS, D.; BRAUCHER, R.; DA SILVA, J. R. S; GARCIA, R. A. Relief evolution of the Continental Rift of Southeast Brazil revealed by in situ-produced 10Be concentrations in river-borne sediments. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 67, p. 89-99, 2016.

SORDI M. V., A.A.R. SALGADO & PAISANI, J. C. Evolução do relevo em áreas de tríplice divisor de águas regional - o caso do planalto de Santa Catarina: análise da rede hidrográfica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, p. 435-447, 2015a.

SORDI M. V.; SALGADO, A.A.R.; SIAME, L.; BOURLÈS, D.; PAISANI, J. C.; LEANNI, L.; BRAUCHER, R; COUTO, E. V. Implications of drainage rearrangement for passive margin escarpment evolution in southern Brazil. **Geomorphology**, v. 306, p. 155-169, 2018.

SILVA, T. A. **Morfogênese do Relevo de Chapadas no divisor hidrográfico entre as bacias do Tocantins/Araguaia com o São Francisco**. Dissertação (Mestrado) – UFMG, Belo Horizonte, 2018. 129p.

SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology: An introduction of the study of landforms**. New York: Longman Scientific & Technical, 1991. 537 p.

USGS. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 15/05/2016.