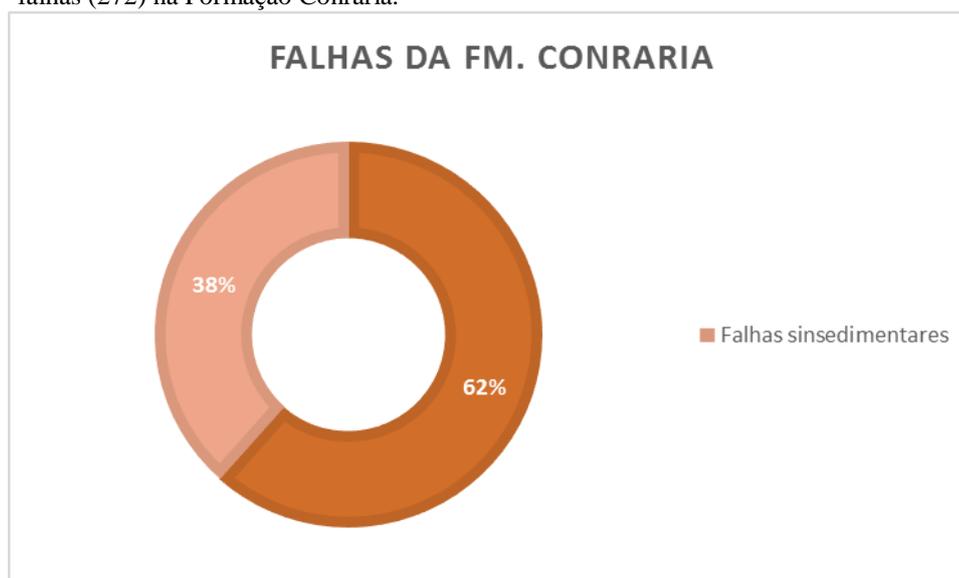


5.3.2 Análise estrutural da Formação Conraria

Conforme referido anteriormente, foram descritos 126 afloramentos na Formação Conraria. Estes afloramentos incluíram um total de 272 falhas, sendo que destas falhas 102 foram consideradas como falhas ativas apenas durante a deposição dos sedimentos da unidade em análise, isto é, falhas contemporâneas à Fm. Conraria (figura 5.24). O critério usado para classificar uma falha como sinsedimentar será explanado adiante.

Figura 5.24: Gráfico apresentando a proporção das falhas identificadas como sinsedimentares (102) e o total de falhas (272) na Formação Conraria.



Fonte: O autor, 2015

5.3.2.1 Falhas sinsedimentares da Formação Conraria

Tendo esta tese como objetivo a compreensão do primeiro episódio de rifteamento de uma bacia sedimentar, o estudo das estruturas geológicas formadas nesta fase é de fulcral importância. No entanto a Bacia Lusitânica possui como característica o fato de ter uma evolução geológica complexa, com diversas fases de rifteamento e episódios de tectônica compressiva, conforme referido no capítulo terceiro desta tese.

Desta forma a análise das estruturas que afetam a primeira unidade desta complexa evolução sedimentar apresenta uma problemática: como identificar as estruturas formadas na

primeira fase rifte, isto é, falhas que tenham estado ativas apenas durante a deposição da Formação Conraria?

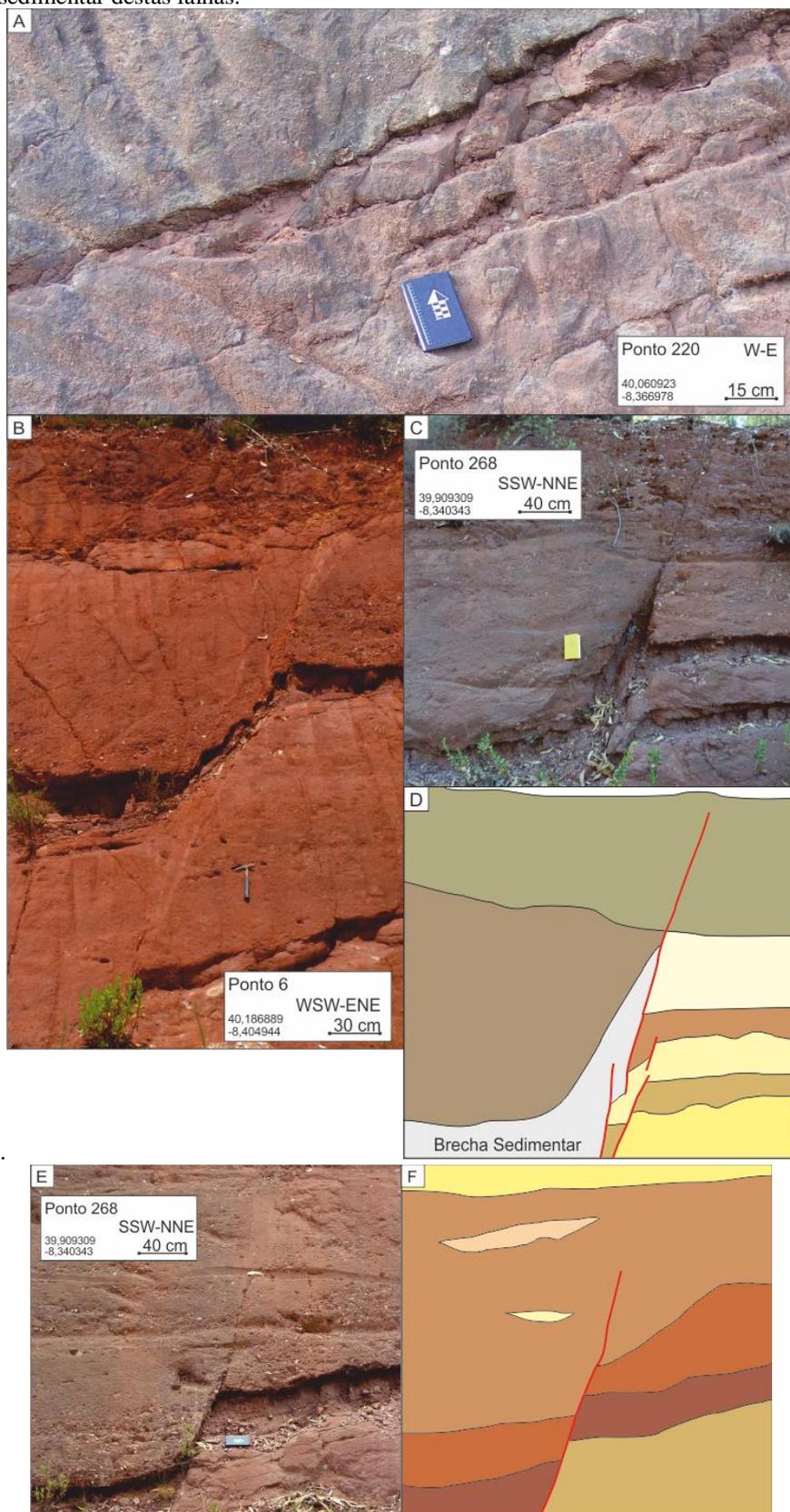
Para responder a esta questão vários critérios foram considerados:

i) Espessamento de camadas junto ao plano de falha. Este critério é bastante utilizado na interpretação de seções sísmicas, ele se baseia no princípio de deslocamento diferenciado das camadas no teto de uma falha, ou seja, o movimento relativo das camadas no teto de uma falha diminui consoante o aumento da distância à superfície da falha. Este fato leva a que as camadas depositadas durante o movimento da falha sejam mais espessas junto à superfície desta. A utilização deste critério deve ser muito cuidadosa, pois se tratando esta formação de depósitos aluvionares, as camadas dispõem-se em formas de lenticulares, de maior ou menor amplitude, sendo assim a espessura de cada camada é variável ao longo do seu perfil.

ii) Truncamento superior por camadas da Formação Conraria. Este critério baseia-se nas premissas de que as falhas se propagam de baixo para cima, a sedimentação é um processo descontínuo e no clássico princípio da superposição. Desta forma uma falha que seja capeada por sedimentos da unidade em estudo e que não a afete será, relativamente, mais antiga que essa unidade superior (figura 5.25). Este foi o critério aplicado nesta tese, pois ele fornece a melhor indicação da idade relativa das falhas.

Na figura 5.26A é apresentado o estereograma de todas as falhas registradas nos afloramentos da Formação Conraria. As orientações das falhas são dispersas, enquanto que relativamente ao mergulho observa-se uma maior homogeneidade, visto que a maioria das falhas apresenta alto mergulho, média superior a 71° . Apesar da variação apresentada, registra-se a presença de algumas orientações preferenciais de falhas: O principal *trend* de falhas orienta-se NW-SE (direção média = $N130^\circ$), um segundo *trend* de direção N-S ($N5^\circ$) pode ser observado, registra-se terceiro grupo de falhas de direção NNE-SSW ($N20^\circ$) que poderá estar relacionado com o grupo anterior, observam-se ainda um agrupamento NE-SW ($N47^\circ$) NNE-SSW ($N255^\circ$).

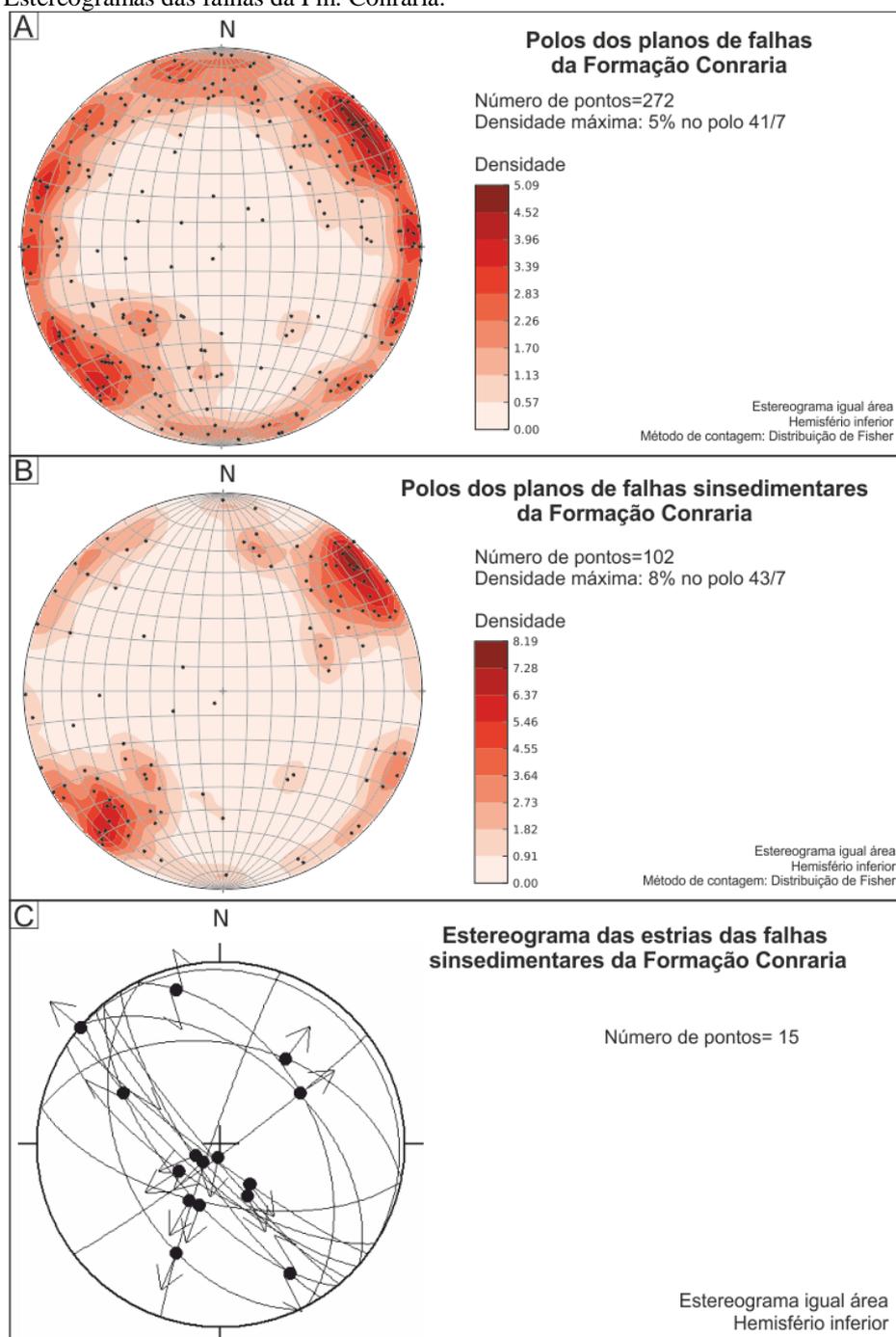
Figura 5.25: Exemplos de falhas sinsedimentares. Em D e F são apresentadas as interpretações das fotografias C e E, respectivamente; observe-se, em ambos os casos, que as falhas rejeitam apenas camadas inferiores sendo truncadas camadas depositadas posteriormente à sua atividade, indicando o caráter sinsedimentar destas falhas.



Nota: São apresentadas as coordenadas geográficas do afloramento e a sua orientação.
 Fonte: O autor, 2015

O estereograma das falhas sin-sedimentares na Formação Conraria é, relativamente, mais homogêneo (figura 5.26B). Este apresenta, claramente, duas orientações preferenciais de falhas, NW-SE (N132°) com falhas de alto mergulho (em média superior a 82°) e NNE-SSW (N204°), também sub-verticais. Observe-se também um agrupamento menor de falhas de direção WNW-ESE (N103°) de mergulho padrão para falhas normais (62°).

Figura 5.26: Estereogramas das falhas da Fm. Conraria.



Legenda: (A) Estereograma dos polos do total das falhas e (B) das falhas classificadas como sinsedimentares.
(C) Diagrama com a representação das estrias.

Fonte: O autor, 2015

A análise cinemática das falhas sinsedimentares da Formação Conraria reveste-se de uma dificuldade adicional, a litologia desta unidade não é favorável ao registro de estrias (figura 5.26C). Os arenitos que, como já visto, constituem a maior porção desta formação, são bastante friáveis e de erosão mecânica fácil, assim as superfícies das falhas raramente registram e preservam estrias. No entanto, quando presentes, as estrias indicam um movimento normal oblíquo (geralmente sinistral) ao longo do plano de falha.

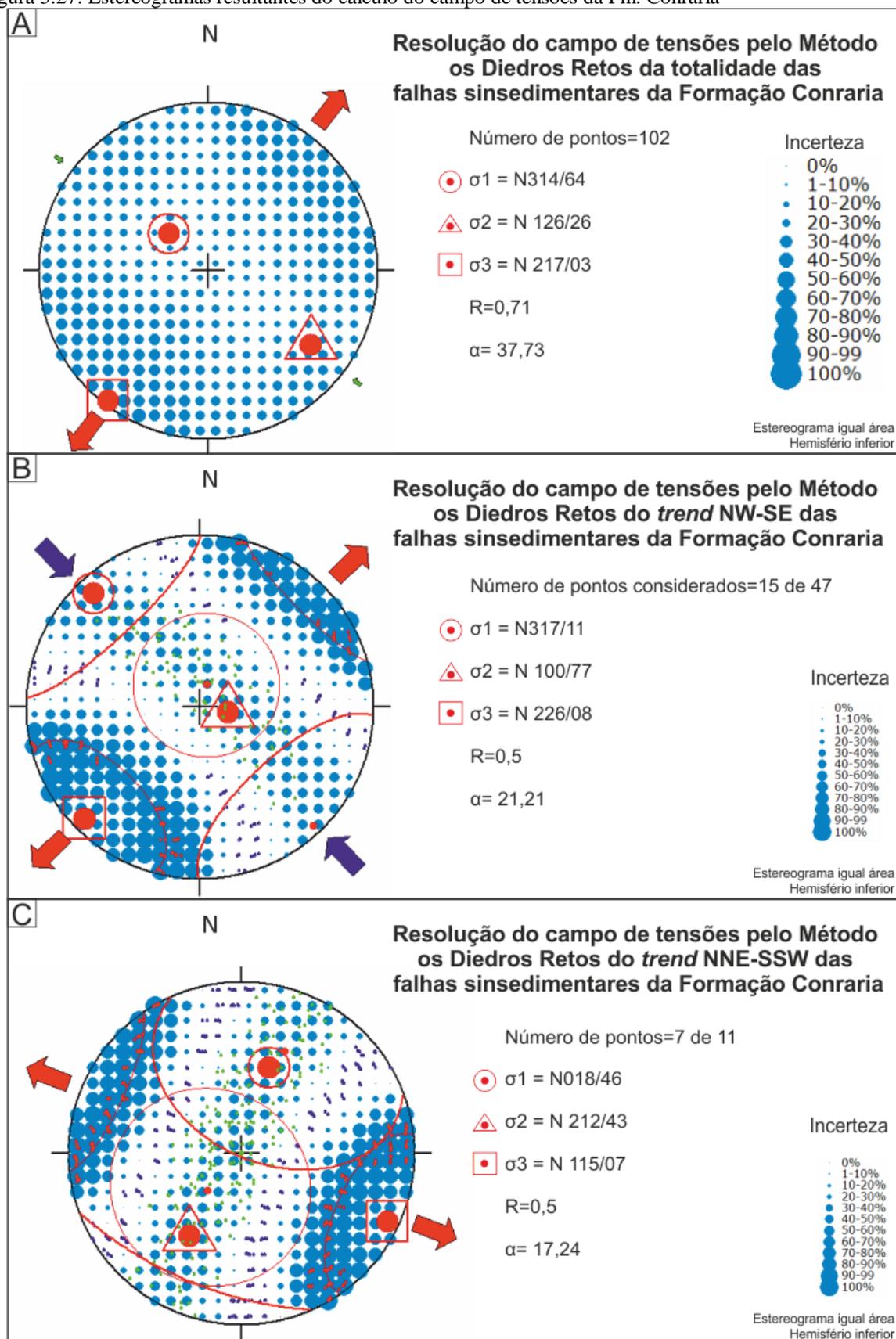
O cálculo do campo de peletensores que deu origem às falhas presentes nesta formação, foi realizado com recurso ao *software* Win-tensor 4 e ao método dos diedros retos, cuja metodologia se encontra explicada no capítulo 4 desta tese. Para o cálculo orientação do campo de tensores das falhas sin-sedimentares fez-se necessário a exclusão de parte das falhas, pois como se pode observar na figura 5.27A, o valor α (37,73) é superior ao aconselhado, segundo Angelier (1989) este valor deve ser inferior a 22, assim foi necessário desconsiderar 83% dos dados para atingir o valor alvo, gerando um resultado bastante artificial.

Para minimizar a exclusão de dados, foi realizada uma nova abordagem, como visto anteriormente as falhas sinsedimentares organizam-se em dois *trends* principais NW-SE e NNE-SSW, dessa forma optou-se por analisar estes dois grupos de forma separada, considerando as falhas no intervalo máximo de variação de orientação ($\pm 15^\circ$). O resultado pode ser observado na figura 5.27B e 5.27C.

O conjunto de falhas com orientação NW-SE é resultante de um campo de tensões direcional, no entanto, uma vez que não foi encontrada nenhuma falha com rejeito totalmente direcional, o campo de tensões pode ser interpretado como transtensivo. Dessa forma para este conjunto o eixo máximo de abertura da bacia teria a orientação NE-SW ($N266 \pm 15$).

Por seu lado, o conjunto NNE-SSW foi formado sob um campo de tensões, também, transtensivo, no entanto o eixo máximo distensional (σ_3) orienta-se para WNW-ESE ($N115 \pm 30$).

Figura 5.27: Estereogramas resultantes do cálculo do campo de tensões da Fm. Conraria



Lengenda: (A) Paleotensores da totalidade das falhas sinsedimentares; (B) Paleotensores das falhas sinsedimentares do *trend* NW-SE e; (C) do *trend* NNE-SSW.

Nota: Cálculo do campo de paleotensões através do método dos diedros retos de Angelier; Mechler (1977) modificado por Delvaux; Sperner (2003), usando o *software* Win-Tensor 4.

Fonte: O autor, 2015

5.3.3 Síntese sobre a geologia sedimentar da Formação Conraria

A Formação Conraria consiste da primeira unidade sedimentar depositada na fase triássica da Bacia Lusitânica. Esta unidade aflora, de forma descontínua, na faixa oriental da Bacia Lusitânica, aproximadamente entre a Anadia e Alvaiázere (figura 5.15).

Esta formação foi interpretada como parte de um de um sistema aluvial entrelaçado (*braided*) com lençóis de cascalho e com deposição de sedimentos em fluxos gravitacionais. Nesta tese a Fm. Conraria foi dividida em quatro associações de litofácies:

i) A associação de litofácies mais comum, denominada de S, é constituída principalmente por arenitos médios, com seixos sub-angulosos, dispostos em camadas centimétrica a decimétricas com acamamento plano não paralelo a curvo não paralelo (figura 5.19). Esta associação é interpretada como registro do preenchimento de canais de variadas dimensões.

ii) A associação de litofácies G encontra-se frequentemente interestratificada com a associação referida anteriormente (S) (figura 5.20). Esta associação (G) é constituída por conglomerados matriz suportados depositados em barras cascalhentas e registrando introdução abrupta de grandes quantidades de material no sistema fluvial.

iii) A associação F é definida pela alternância de pelitos cinzentos e arenitos finos avermelhados, em lamina centimétrica a milimétricas (figura 5.21). Esta associação representa o abandono de canais e/ou o preenchimento final dos mesmos.

iv) A associação B ocorre sempre na proximidade das falhas sinsedimentares, representando brechas sedimentares associadas ao movimento das falhas adjacentes. Esta associação é caracterizada por seixos e calhaus angulosos dispersos na matriz arenítica fina (figura 5.22).

O sistema aluvionar interpretado comporta a ocorrência simultânea das associações faciológicas supracitadas, sendo que este fato é verificado nos afloramentos, com a interdigitação das fácies, quer vertical quer lateralmente. Dessa forma a separação cronoestratigráfica interna desta formação é impraticável sem datações absolutas.

5.3.4 Síntese sobre a geologia estrutural da Formação Conraria

Foram analisadas 272 falhas afetando a Fm. Conraria, sendo que dessas 102 são falhas sinsedimentares. As falhas foram consideradas como sinsedimentares se forem truncadas superiormente e afetarem sedimentos da formação em estudo (figura 5.25).

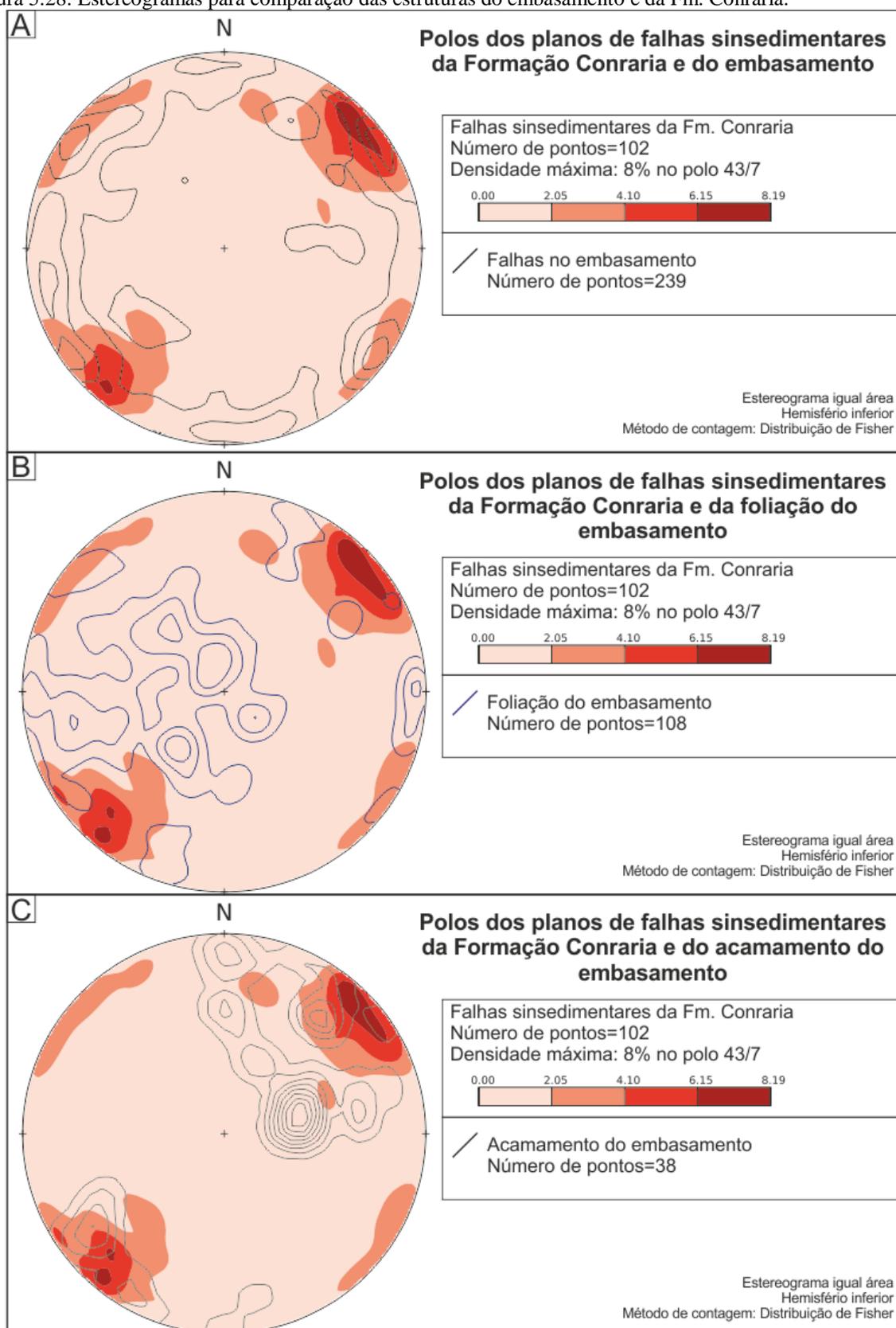
As falhas sinsedimentares concentram-se em três conjuntos principais, do mais comum ao mais incomum: falhas orientadas NW-SE de alto mergulho (superior a 80°); falhas NNE-SSW, também sub-verticais e; NNW-SSE de mergulho, relativamente, menor.

O cálculo do campo de tensões formador destas falhas foi realizado através do método dos diedros retos. A fim de diminuir a incerteza foi necessário calcular o campo de tensões para cada um dos conjuntos principais de falhas (NW-SE e NNE-SSW). Assim verifica-se que o conjunto principal de falhas (NW-SE) foi formado num campo de tensões direcional (regime transtensivo) com o eixo de distensão máximo (σ_3) orientado NE-SW (figura 5.27B). O conjunto NNE-SSW terá sido formado com um campo de tensões, também, transtensivo, porém σ_3 encontra-se orientado para WNW-ESE (figura 5.27C).

Através da comparação dos diagramas das falhas sin-sedimentares da Formação Conraria com as falhas medidas no embasamento verifica-se que os conjuntos principais de falhas sinsedimentares (NW-SE e NNE-SSW) se encontram abundantemente registrados no embasamento (figura 5.28A). Assim, pode-se entender que os campos de tensões supracitados, que deram origem às falhas sin-sedimentares, afetaram também o embasamento adjacente à bacia. Por outro lado, o conjunto E-W é exclusivo do embasamento, sendo assim, provavelmente, anterior ao episódio rifte triássico.

Na figura 5.28B, pode-se observar o diagrama com os polos das falhas sinsedimentares da formação em análise e da foliação registrada nas unidades do embasamento adjacente à faixa oriental da bacia. A análise deste diagrama revela que o conjunto de falhas sinsedimentares NNE-SSW é coplanar com um plano preferencial de foliação. Por seu lado, o conjunto principal de falhas sinsedimentares NW-SE é, aproximadamente, perpendicular aos planos de foliação e coplanar ao principal plano de estratificação do embasamento (figura 5.28C). Estes dados indicam o controle das estruturas do embasamento, acamamento e foliação, na nucleação das falhas sedimentares. Esse controle é, possivelmente, realizado através de um favorecimento de superfícies de fraqueza do embasamento para a nucleação de falhas.

Figura 5.28: Estereogramas para comparação das estruturas do embasamento e da Fm. Conraria.



Legenda: (A) Estereograma dos polos das falhas sinsedimentares da Formação Conraria e das falhas registradas no embasamento; (B) Estereograma dos polos das falhas sinsedimentares da Formação Conraria e da foliação medida no embasamento; (C) Estereograma dos polos das falhas sinsedimentares da Formação Conraria e dos planos de acamamento do embasamento.

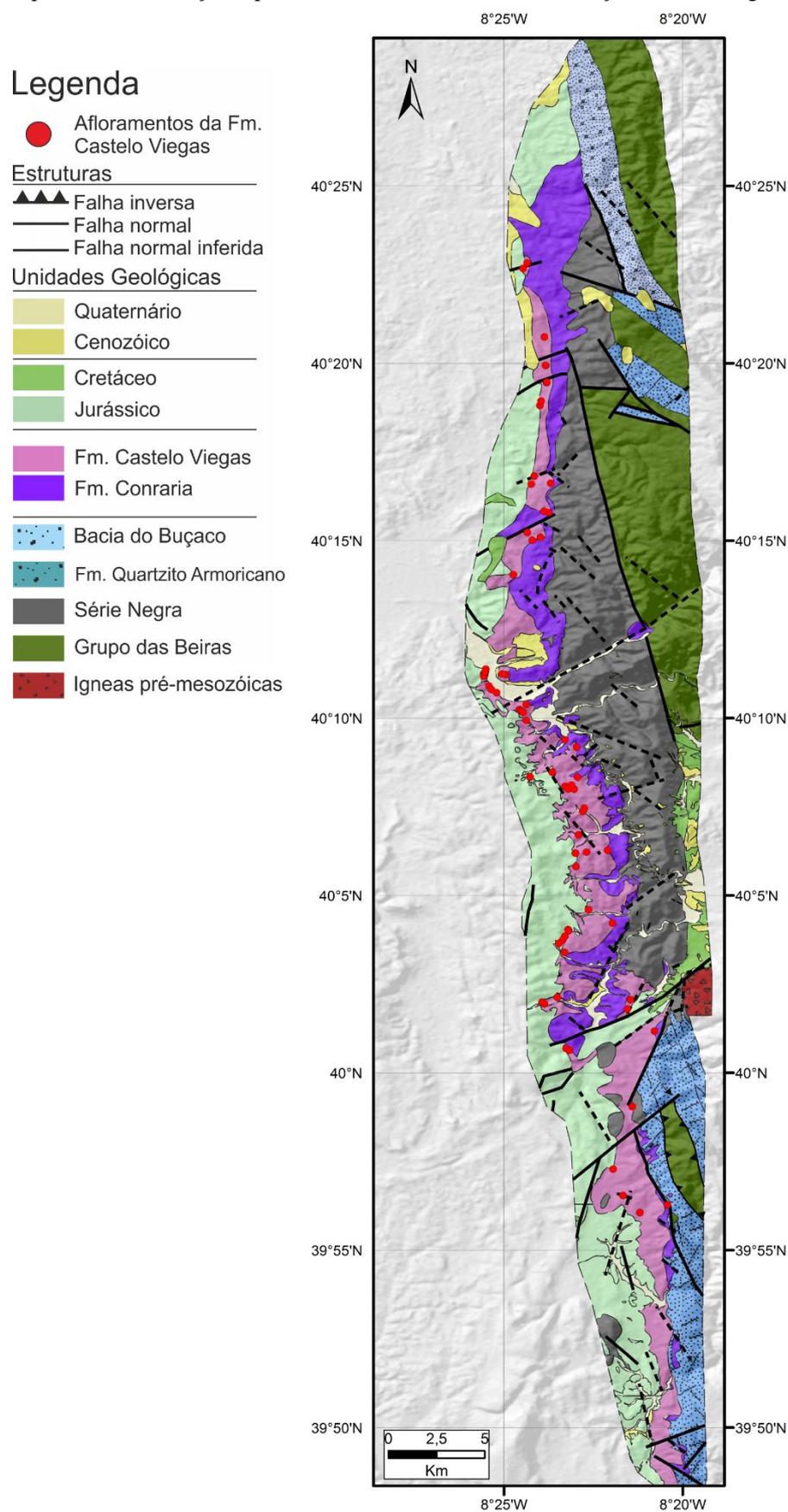
Fonte: O autor, 2015

5.4 A Formação Castelo Viegas

A Formação Castelo Viegas corresponde à unidade intermediária do Grupo Grés de Silves, na Bacia Lusitânica. A idade precisa desta unidade não está definida, no entanto assume-se que esta é seguramente triássica, sendo posterior ao Carniano (idade da Fm. Conraria) e anterior ao Hettangiano (idade da Fm. Pereiros), para mais informação consulte-se o capítulo 3.3 desta tese.

Foram descritos 73 afloramentos contendo esta unidade (figura 5.29). Neste capítulo serão, inicialmente, descritos os aspetos litológicos desta unidade, posteriormente será feita a análise estrutural das falhas nela contidas.

Figura 5.29: Mapa com a distribuição espacial dos afloramentos com a Formação Castelo Viegas.



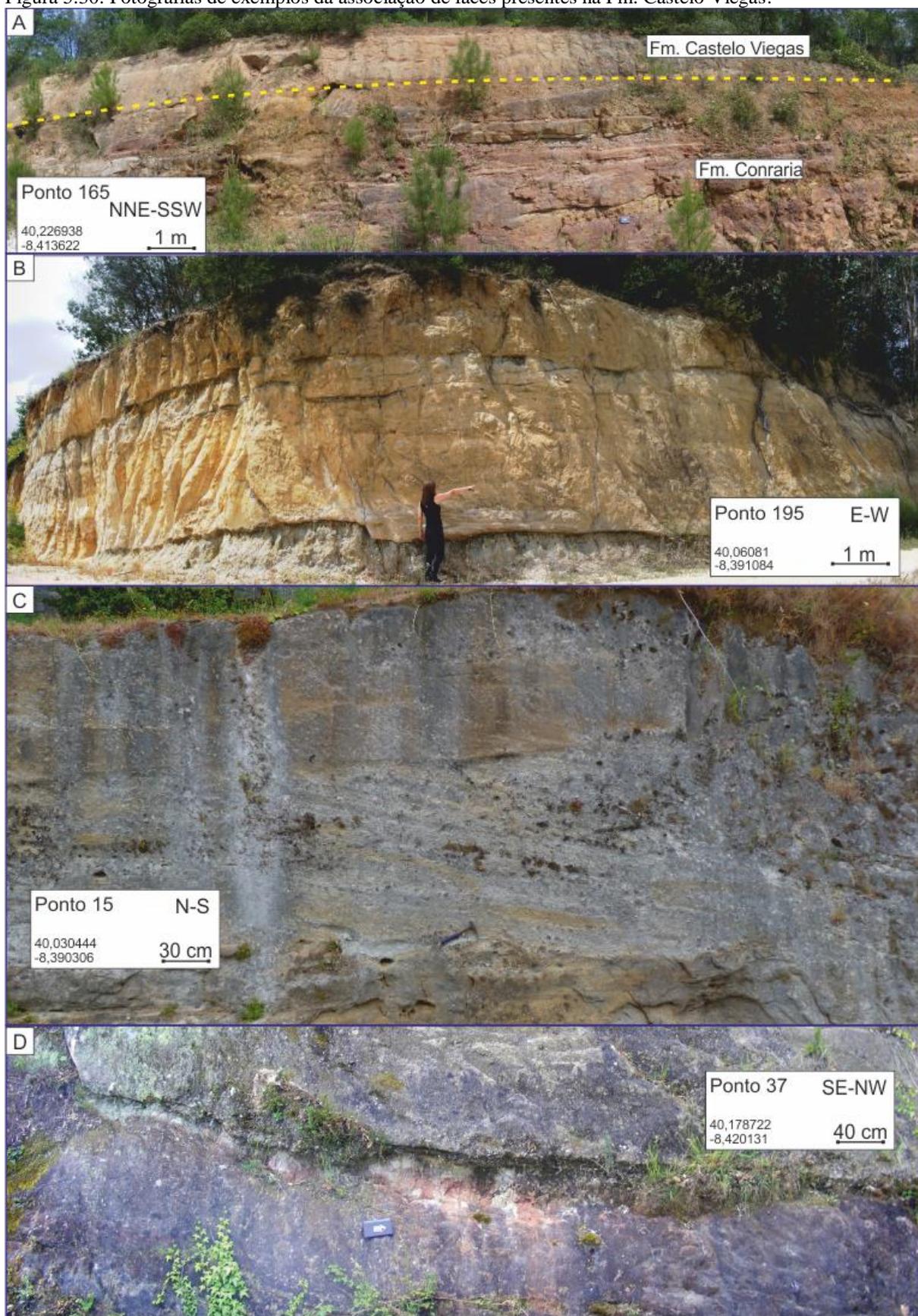
Fonte: modificado a partir de Oliveira et al. (1992) e Soares et al. (2007)

5.4.1 Descrição litofaciológica da Formação Castelo Viegas

A Formação Castelo Viegas assenta em discordância angular sobre os sedimentos da Fm. Conraria (figura 5.30A), esta discordância tende a ser de baixo ângulo, marcada, em alguns exemplos por uma camada transicional constituída por arenitos finos ou, em casos mais raros, erosiva. A interpretação paleoambiental seguida é que estes sedimentos registram o preenchimento de canais largos e pouco profundos, com depósitos de abandono de canais e de inundação com formação de paleossolos. O sistema fluvial seria possivelmente meandriforme. A paleocorrente seria de baixa velocidade, tendo em conta a granulometria dos depósitos apresentados e as estruturas internas das camadas. O estudo das paleocorrentes desta unidade indica uma orientação preferencial oés-noroeste, variando de noroeste a oeste.

A associação de fácies da Fm. Castelo Viegas compreende arenitos finos a médios, e arcóseos bem selecionados (litofácies Sp e St de Miall (1996)) (figura 5.30B). Comumente esta fácies apresenta laminação cruzada planar e, mais raramente, laminação cruzada acanalada (figura 5.30B, C). As lâminas organizam-se em camadas de espessura variável entre 10 cm e 1m. As camadas podem apresentar internamente gradação normal. Quando cortadas em plano perpendicular ao fluxo, estas camadas exibem acamamento plano não paralelo a curvo não paralelo. Raramente, ocorrem seixos arredondados de quartzo formando níveis na base das camadas ou dispersos ao longo dos planos de estratificação (figura 5.30B). Frequentemente ocorrem níveis pelíticos avermelhados com concreções calcárias, formando camadas de espessura variável, entre 10 cm e 1m, ou na forma de lentes (figura 5.30D).

Figura 5.30: Fotografias de exemplos da associação de fácies presentes na Fm. Castelo Viegas.



Legenda: (A) contato entre a Fm. Conraria e a Fm. Castelo Viegas, a descontinuidade angular é marcada pela ocorrência de uma camada transicional de arenitos finos e mergulha 31° para NW; (B) afloramento

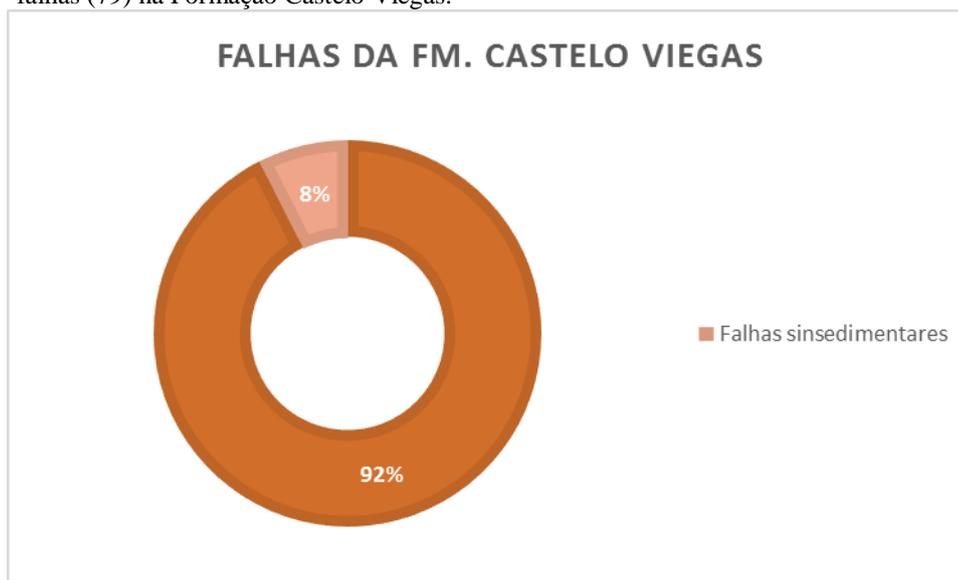
exibindo camadas areníticas, de acamamento curvo não paralelo, sob uma camada de pelito com laminação paralela e marcas de raízes. Observe-se também a ocorrência de falhas sinsedimentares; (C) afloramento exibindo camadas de arenito médio com seixos dispersos na base das lâminas, note-se a estratificação planar acanalada e; (D) lentes de argila com concreções calcárias. São apresentadas a coordenadas geográficas do afloramento e a sua orientação.

Fonte: O autor, 2015

5.4.2 Análise estrutural da Formação Castelo Viegas

Foram descritos 73 afloramentos na Formação Castelo Viegas. Estes afloramentos incluíram um total de 79 falhas, sendo que destas falhas 6 foram consideradas falhas sinsedimentares (figura 5.31). Esta unidade apresenta-se, regra geral, menos falhada que a Fm. Conraria e a proporção de falhas sinsedimentares é, também, menor. O critério usado para classificar uma falha como sinsedimentar foi o mesmo usado na formação anterior (capítulo 5.3.2.1).

Figura 5.31: Gráfico apresentando a proporção das falhas identificadas como sinsedimentares (6) e o total de falhas (79) na Formação Castelo Viegas.

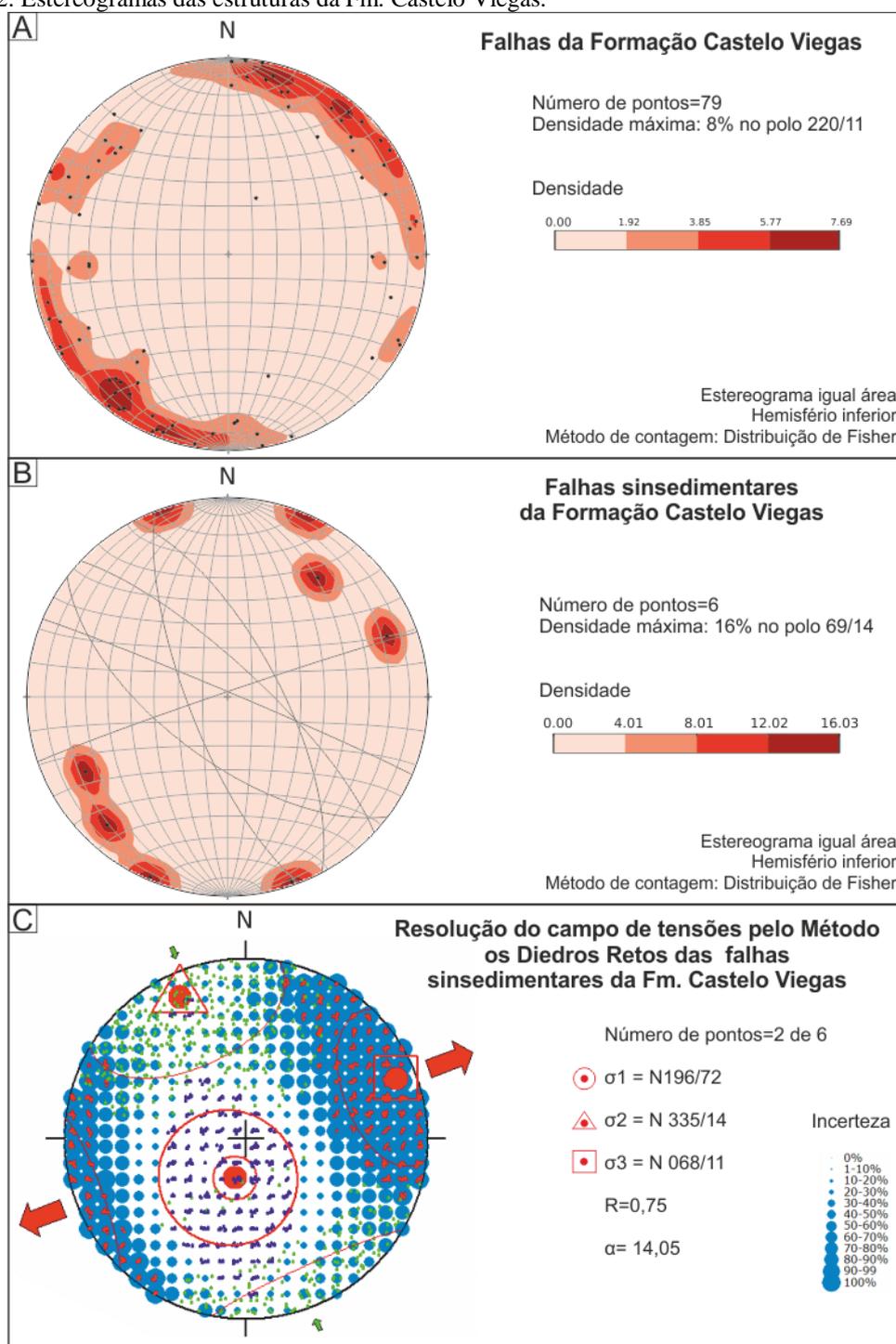


Fonte: O autor, 2015

A representação estereográfica das falhas afetando os sedimentos da Formação Castelo Viegas revela vários *trends* de falhas (figura 5.32A). A família de falhas mais abundante está orientada para NW-SE ($N310\pm 5$) mergulhando maioritariamente para sudoeste. Um segundo conjunto de falhas, igualmente numeroso, tem direção WNW-ESE ($N103\pm 10$) e mergulha

principalmente para nor-noroeste. Observam-se, também, dois conjuntos secundários, um NNW-SSE ($N335\pm15$) mergulhando principalmente para oés-sudoeste e outro NNE-SSW ($N310\pm20$) mergulhando principalmente para noroeste. Por seu lado as falhas sinsedimentares apresentam uma orientação preferencial NNW-SSE ($N332\pm20$).

Figura 5.32: Estereogramas das estruturas da Fm. Castelo Viegas.



Legenda: (A) Estereograma dos polos das falhas da Formação Castelo Viegas; (B) Estereograma das falhas sinsedimentares da Formação Castelo Viegas e; (C) Paleotensores das falhas sinsedimentares da Formação Castelo Viegas.

Nota: Cálculo do campo de paleotensões através do método dos diedros retos de Angelier; Mechler (1977) modificado por Delvaux; Sperner (2003), usando o *software* Win-Tensor 4.

Fonte: O autor, 2015

Assim como a Fm. Conraria, esta unidade apresenta poucas estrias. As quatro estrias encontradas indicam um movimento normal oblíquo sinistral. O limitado número de estrias reveste o cálculo do campo de paleotensores de relativa incerteza, no entanto, este cálculo, foi realizado com recurso à metodologia explicada no capítulo 4 desta tese. Também para esta unidade fez-se necessário a exclusão de parte das falhas para o valor α ser inferior ao aconselhado (22° segundo Angelier (1989)). Observando a figura 5.32C observa-se que o campo de tensões atuante durante a deposição da Fm. Castelo Viegas distensivo direcional, estando o eixo distensional principal (σ_3) orientado para ENE-WSW.

5.4.3 Síntese sobre a geologia sedimentar da Formação Castelo Viegas

Os sedimentos da Formação Castelo Viegas indicam uma mudança no ambiente deposicional, relativamente à Fm. Conraria. O sistema fluvial indica uma planície aluvionar, com cursos de água meandriformes, de menor capacidade de carga, fluindo principalmente para oés-noroeste. O clima seria, também, mais seco (PALAIN, 1976). A área fonte pode também ser diferente, pois os clastos são constituídos maioritariamente por quartzo, enquanto na Fm. Conraria estes eram constituídos maioritariamente por quartzito. No entanto, seriam necessários estudos de proveniência para poder afirmar este fato com a devida certeza.

5.4.4 Síntese sobre a geologia estrutural da Formação Castelo Viegas

A análise estrutural comparativa da Fm. Castelo Viegas e Fm. Conraria revela a rotação do σ_3 de NE-SW para ENE-WSW e a verticalização do σ_1 , diminuindo assim a obliquidade das falhas. Embora não muito expressiva, a reorientação no campo de tensões, leva à rotação anti-horária do *trend* principal de falhas, NW-SE na Fm. Conraria, para NNW-

SSE. Esta rotação do campo de tensões observa-se também, na comparação da direção das paleocorrentes de SW na Fm. Conraria para WNW na Fm. Castelo Viegas.

Tabela 5.1: Quadro comparativo das Fm. Conraria e Castelo Viegas.

| Unidade | Fm. Conraria | Fm. Castelo Viegas |
|---|---|------------------------------|
| Afloramentos | 126 | 73 |
| Total de falhas | 272 | 79 |
| Total de falhas sinsedimentares | 102 | 6 |
| Sistema deposicional | Sistema aluvial entrelaçado com lençóis de cascalho | Sistema aluvial meandriforme |
| Paleocorrentes | SW e NW | WNW |
| Principal conjunto de falhas sinsedimentares | NW-SE e NNE-SSW | NNW-SSE e ENE-WSW |
| Eixo distensional (σ_3) | NE-SW | ENE-WSW |

Fonte: O autor, 2015